SWISS CONTRIBUTION

Program rewitalizacji górnej Wisły w Małopolsce

Projekt: Rewitalizacja, ochrona bioróżnorodności i wykorzystanie walorów starorzeczy Wisły, zatrzymanie degradacji doliny górnej Wisły jako korytarza ekologicznego

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ SZWAJCARIE W RAMACH SZWAJCARSKIEGO PROGRAMU WSPÓŁPRACY Z NOWYMI KRAJAMI CZŁONKOWSKIMI UNII EUROPEJSKIEJ

Fundacja Dzika Polska na zlecenie Towarzystwa na rzecz Ziemi

Opracował zespół autorski pod kierunkiem:
Roberta Wawręty

Warszawa, czerwiec 2014

SPIS TREŚCI

1. Przekształcenie antropogeniczne koryta i doliny górnej Wisły oraz cele rewitalizacji 4

2. Koncepcja opracowania 6

2.1. Zabiegi rewitalizacyjne realne ze względu na ograniczenia techniczne i społeczno–ekonomiczne 6

2.2. Przyjęty układ treści 7

3. Podsumowanie wyników uzyskanych w ramach projektu 8

3.1. Identyfikacja i opis zmian morfologii koryta Wisły wywołanych obwałowaniem i regulacją. Ocena wpływu zidentyfikowanych zmian na ryzyko powodziowe 8

3.2. Identyfikacja miejsc pod kątem możliwości wykonania polderów, przeprowadzenia relokacji obwałowań oraz podstawowych zabiegów rewitalizacyjnych..... 8

3.3. Wpływ wybranych działań rewitalizacyjnych górnej Wisły w Małopolsce na maksymalne przepływy i rzędne poziomu zwierciadła Wisły na przykładzie powodzi w maju 2010 roku 13

3.4. Opinia o celowości budowy stopnia Niepołomice na Wiśle i wybranych skutkach tej budowy wraz z propozycją dalszych działań rewitalizacyjnych w obrębie jej koryta poniżej stopnia Przewóz 25

3.5 Koncepcja udrożnienia małopolskiej Wisły 29

3.5.1. Wymagania migracyjne ichtiofauny 30

3.5.2. Proponowane rozwiązania udrożnienia poszczególnych stopni górnej Wisły 32

4. Najważniejsze wnioski 50

SWISS CONTRIBUTION

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

Załącznik 1: Identyfikacja i opis zmian morfologii koryta Wisły wywołanych obwałowaniem i regulacją wraz z oceną ich wpływu na ryzyko powodziowe.

Załącznik 2: Identyfikacja podstawowych działań rewitalizacyjnych w dolinie górnej Wisły wraz oceną wpływu wybranych rozwiązań na maksymalne przepływy i rzędne zwierciadła wody na przykładzie powodzi z maja 2010 roku.

Załącznik 3: Opinia o celowości budowy stopnia Niepołomice na Wiśle i wybranych skutkach tej budowy.

Załącznik 4: Koncepcja udrożnienia małopolskiej Wisły.

1. PRZEKSZTAŁCENIE ANTROPOGENICZNE KORYTA I DOLINY GÓRNEJ WISŁY ORAZ CELE REWITALIZACJI

Oddziaływanie człowieka na rzekę można podzielić na dwie fazy:

1. Pierwsza najdłużej trwająca faza rozpoczęła się w epoce brązu i trwała do połowy XIX wieku, gdy rozpoczęto regulację rzeki. Wskutek rozwoju rolnictwa tj. wycinki lasów i zamiany dawnych terenów leśnych w grunty orne znacząco wzrosła erozja terenu i systematycznie wzrastała dostawa produktów erozji do cieków. Wzrosła intensywność transportu rumowiska wleczonego (dennego) i zawieszonego w ciekach. Powodowało to powstawanie koryta roztokowego w miejsce typowego dla terenów leśnych koryta meandrującego oraz systematyczne jego poszerzanie i wypłycanie. Skutki rozwoju rolnictwa widać szczególnie na odcinku Wisły środkowej, gdzie dominuje szerokie koryto roztokowe z licznymi bocznymi ramiona i wyspami oraz płyciznami utrudniającymi spływ lodów i żeglugę. Proces ten zaznaczył się również na odcinku górnej Wisły.
2. Druga faza rozpoczęła się po 1840 roku. Rozpoczęto regulację rzeki. Intensywność prac regulacyjnych wzrosła po powodzi w 1884 roku. Wykonano m.in. wiele budowli zwiększających głębokości szlaku żeglownego. Zastosowano następujące zabiegi inżynierskie:
   - Skrócenie biegu rzeki poprzez odcięcie wybranych meandrów (w XIX wieku).
   - Wybudowanie szeregu kamiennych budowli poprzecznych celem zwężenia koryta (po 1840 roku).
   - Budowa obwałowań przeciwpowodziowych (po 1890 roku).
   - Budowa zapór i stopni wodnych na Wiśle i jej dopływach w celu sterowania odpływem, retencjonowania wód, ochrony przed powodziami i produkcji energii (po 1920 roku na dopływach, a po 1950 roku również na Wiśle). Szczególne znaczenie ma tu wybudowanie kaskady 6 stopni wodnych na Wiśle .

Główne prace regulacyjne wykonano w latach 1890 – 1960.

Antropopresja spowodowała dewastację przyrodniczą koryta i doliny rzeki oraz wzrost ryzyka powodziowego. Rewitalizacja ma na celu poprawę potencjału ekologicznego Wisły oraz stanu przyrody terenów zalewowych i zahamowanie ich dalszej degradacji, a także poprawę bezpieczeństwa powodziowego poprzez zastosowanie określonych zabiegów. Na potrzeby niniejszego opracowania do działań tych obok udrożnienia stopni wodnych dla organizmów wodnych oraz prac deregulacyjnych i przeciwdziałających dalszej erozji dennej koryta rzecznego, zaliczono także przyjazne środowisku metody ochrony przeciwpowodziowej jak budowa polderów i relokacja obwałowań. Działania te pozwalają na wzrost naturalnej retencji oraz

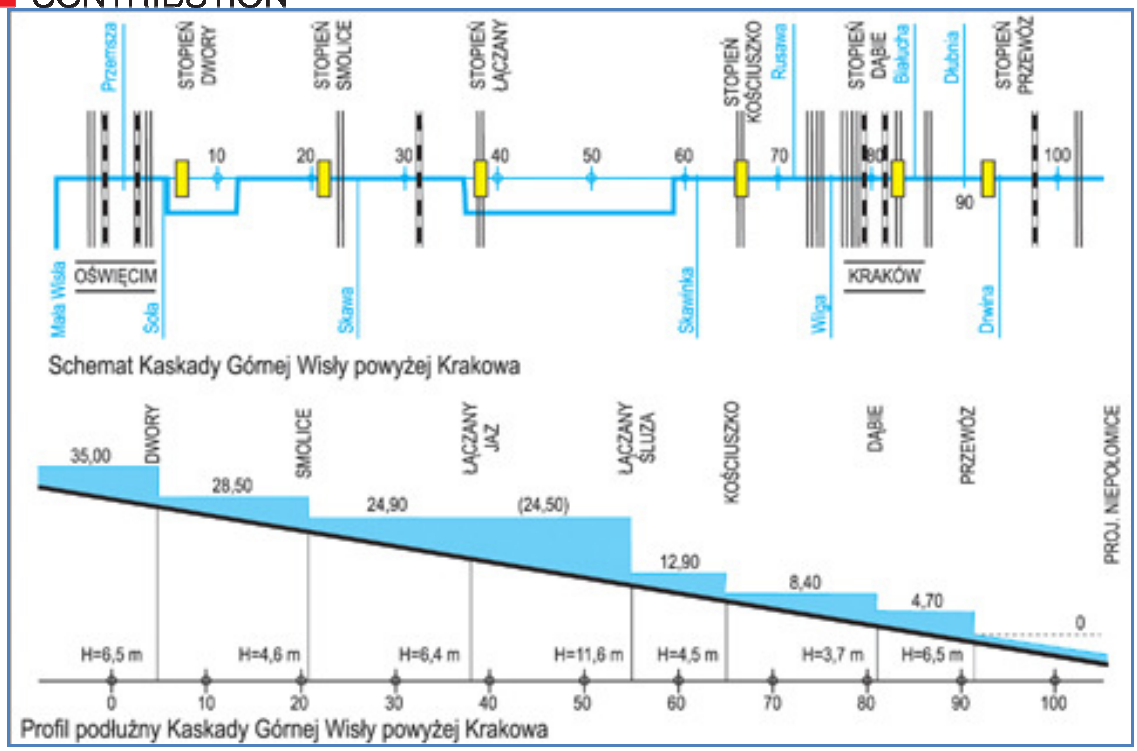
przywrócenie pełnej lub częściowej łączności ekologicznej pomiędzy korytem a terenami zalewowymi przy jednoczesnym zmniejszeniu ryzyka powodziowego w dolinie rzeki Wisły.

Celem budowy wałów była ochrona przeciwpowodziowa poprzez „odebranie rzece jej przestrzeni" i wykorzystanie dotychczasowych terenów zalewowych dla rozwoju osadnictwa i rolnictwa. Skutki przyrodnicze obwałowań to praktyczna likwidacja lasów łęgowych najbogatszych ekosystemów w naszej szerokości geograficznej oraz odcięcie licznych starorzeczy. Skutki gospodarcze i społeczne to z jednej strony pozyskanie znacznych obszarów żyznych gruntów dla rolnictwa i osadnictwa, a z drugiej strony stworzenie permanentnego zagrożenia dla infrastruktury i życia mieszkańców na terenach zalewowych odciętych wałami od koryta rzeki. Trzeba podkreślić, iż wszystkie katastrofy powodziowe skutkujące śmiercią ludzi i szkodami materialnymi były wynikiem awarii wałów.

Cele prac regulacyjnych były następujące:

- Próba przywrócenia rzece jednolitego, zwartego koryta, które jak opisano wyżej zostało (wskutek antropopresji) zmienione w koryto roztokowe z licznymi płyciznami utrudniającymi żeglugę i zwiększającymi prawdopodobieństwo powstawania zatorów lodowych. Pomimo wielkich nakładów na budowę i utrzymanie budowli regulacyjnych koryto Wisły w szczególności środkowej Wisły ma nadal charakter roztokowy. Żegluga towarowa praktycznie nie istnieje, a zapobieganie zatorom wymaga utrzymywania floty lodołamaczy, angażowania pirotechników i innych kosztownych zabiegów.
- Ochrona wałów oraz elementów infrastruktury (mostów, ujęć wody, przepustów i in.) przed niszczącym działaniem wody.

Trzeci etap przekształceń to budowa kaskady górnej Wisły (rys. 1). W okresie międzywojennym nad dolnym Sanem powstał Centralny Okręg Przemysłowy (COP). COP wymagał sprawnego połączenia transportowego ze śląskimi kopalniami węgla. Infrastruktura drogowa i kolejowa była wówczas stosunkowo słabo rozwinięta i powstała koncepcja wykorzystania drogi wodnej Wisły. Górna Wisła (powyżej ujścia Sanu) była zbyt płytka do uprawiania żeglugi towarowej i wymagała kanalizacji, tj. budowy kaskady stopni wodnych zapewniających dostateczną głębokość drogi wodnej. Po wojnie wrócono do tej koncepcji budując kolejne stopnie kaskady. Ostatnim wybudowanym spośród nich był stopień Przewóz w km 92+150 Wisły. Aktualnie planowana jest budowa kolejnego stopnia w Niepołomicach, poniżej stopnia Przewóz. Ponieważ żegluga towarowa na górnej Wiśle nie funkcjonuje celowość budowy stopnia Niepołomice jest wątpliwa.



Rys. 1. Schemat i profil podłużny Kaskady Górnej Wisły – materiały RZGW Kraków.

2. KONCEPCJA OPRACOWANIA

2.1. Zabiegi rewitalizacyjne realne ze względu na ograniczenia techniczne i społeczno-ekonomiczne

Opisane w pkt. 1 przekształcenia górnej Wisły doprowadziły do powstania „sztucznej rzeki" będącej w równym stopniu wynikiem naturalnych procesów koryto - i brzego - twórczych jak i działalności człowieka. Powstaje fundamentalne pytanie:

- Jaki stan koryta i doliny możemy osiągnąć w wyniku działań rewitalizacyjnych jednocześnie poprawiając stan bezpieczeństwa?

Dążąc do uzyskania odpowiedzi na powyższe pytanie trzeba uwzględnić realne techniczne oraz społeczno-ekonomiczne ograniczenia, które wykluczają możliwość uzyskania „rzeki naturalnej". **Antropopresja trwała tysiące lat i z całą pewnością absurdalne byłoby dążenie do odtworzenia stanu koryta i doliny Wisły z okresu przed rozwojem osadnictwa i przekształcenia zlewni w wyniku ekspansji rolnictwa.**

Rozwój osadnictwa wymusił obwałowanie koryta i z oczywistych względów postulat całkowitej likwidacji istniejących obwałowań jest nierealny. Nie mniej w niektórych przypadkach istniejące wały chronią łąki, nieużytki oraz tereny pozbawione wartościowej infrastruktury. W takich przypadkach można postulować tworzenie na takich terenach polderów przeciwpowodziowych lub też relokację istniejących wałów pozwalającą na naturalne przywrócenie części naturalnego terenu zalewowego. Takie zabiegi rewitalizacyjne

pozwolą ograniczyć ryzyko powodzi oraz umożliwiają w dalszej perspektywie odtworzenie cennych przyrodniczo obszarów zalewowych. **Sformułowanie propozycji lokalizacji polderów oraz możliwych do objęcia relokacją odcinków obwałowań wraz z oceną efektów hydrologicznych tych działań stanowi jeden z najważniejszych elementów projektu.**

Regulacja rzeki wykonywana ze względu na potrzeby żeglugi przyniosła szereg negatywnych skutków nie doprowadzając do stworzenia drogi wodnej. Proponuje się zaniechanie dalszych prac regulacyjnych, zaniechanie konserwacji zbędnych budowli regulacyjnych, a w niektórych przypadkach demontaż tych budowli. **Oczywiście postulaty te nie dotyczą budowli regulacyjnych chroniących wały oraz inne elementy infrastruktury.**

Ostatnią znaczącą ingerencją człowieka była budowa kaskady górnej Wisły. Kaskada uniemożliwia migrację ryb. Przed laty ryby wędrowne stanowiły najbardziej wartościowy element ichtiofauny z punktu widzenia środowiska, a również wykorzystania rybackiego. Uznano, że aktualnie ze względów społeczno-ekonomicznych likwidacja kaskady jest nierealna. W ramach analizowanych **zabiegów rewitalizacyjnych dokonano wielowariantowej analizy sposobów ich udrożnienia umożliwiających ich pokonanie przez organizmy wodne. Ostatecznie wskazano warianty do dalszych prac projektowych.** Udrożnienie tych stopni nie wyczerpuje jednak problemów związanych z kaskadą. Poniżej ostatniego stopnia Przewóz nastąpiła silna erozja koryta skutkująca obniżeniem się poziomu zwierciadła wody uniemożliwiającego żeglugę w długich okresach czasu. Środowiska hydrotechniczne proponują rozwiązanie w postaci budowy stopnia Niepołomice. **Przeprowadzona analiza wykazała bezsensowność tej propozycji i konieczność zaniechania eksploatacji osadów na Wiśle i jej dopływach oraz uruchamiania procesu „dokarmiania rzeki" polegającego na systematycznym dosypywaniu do koryta Wisły poniżej stopnia Przewóz w ilościach zapewniających równowagę koryta (takie rozwiązanie funkcjonuje od lat na Renie poniżej ostatniego stopnia Kaskady Renu), a także konieczności nadbudowy naturalnych bystrzy (przemiałów) w korycie Wisły z jednoczesnym poszerzeniem koryta Wisły.**

2.2. Przyjęty układ treści

W ramach przygotowania koncepcji wykonano szereg wizji terenowych, opracowań o charakterze ekspertyz oraz symulacji komputerowych. Każde z wymienionych działań opisano, zilustrowano załącznikami graficznymi i zakończono wnioskami końcowymi. Wątpliwości budziła celowość kompilacji pełnych opisów poszczególnych przeprowadzonych działań do postaci jednolitego tekstu. Z punktu widzenia celów programu najważniejsze są wnioski końcowe. Ich pełne uzasadnienie znajduje się w poszczególnych opracowaniach cząstkowych stanowiących załączniki do obecnego dokumentu. Dlatego też zaproponowano następujący układ treści niniejszej koncepcji:

- Krótki opis celu, przyjętych założeń i sposobu przeprowadzenia prac **oraz pełna lista sformułowanych wniosków.**
- Pełne opisy przeprowadzonych badań w postaci załączników.

3. PODSUMOWANIE WYNIKÓW UZYSKANYCH W RAMACH PROGRAMU

3.1. Identyfikacja i opis zmian morfologii koryta Wisły wywołanych obwałowaniem i regulacją. Ocena wpływu zidentyfikowanych zmian na ryzyko powodziowe

Skrócony opis zmian morfologii koryta Wisły wywołanych obwałowaniem i regulacją podano w pkt. 1 niniejszego opracowania (pełny opis podano w Załączniku 1). W tym miejscu ograniczono się do krótkiego przedstawienia wpływu tych zmian na ryzyko powodziowe.

Regulacja górnej Wisły spowodowała znaczące zwiększenie częstotliwości występowania katastrofalnych powodzi. Jest to skutkiem jednoczesnego oddziaływania kilku zaobserwowanych procesów:

- Zwężenie i skrócenie koryta w wyniku regulacji i obwałowania powoduje przyspieszenie postępu fali powodziowej. Jeżeli fala o tej samej objętości przemieszcza się szybciej, to rośnie przepływ maksymalny. Ilościowa analizę tego mechanizmu opisano w pkt. 3 Załącznika 1. Wniosek powyższy dotyczy zarówno koryta Wisły jak i jej dopływów.
- Przyspieszenie postępu fali w korycie Wisły sprzyjającego nakładaniu się kulminacji dopływów na kulminację Wisły.
- Zaobserwowanego i wywołanego regulacją masowego odkładania się rumowiska w terenie międzywala. Skutkuje to znaczącym zmniejszeniem przepustowości koryta wielkiej wody, a tym samym wzrostem maksymalnych rzędnych zwierciadła wody. Zjawisko to potęguje szybki porost roślinności w międzywalu pokrytym żyznymi namułami. Problemy te opisano szczegółowo w Załączniku 1.

3.2. Identyfikacja miejsc pod kątem możliwości wykonania polderów, przeprowadzenia relokacji obwałowań oraz podstawowych zabiegów rewitalizacyjnych

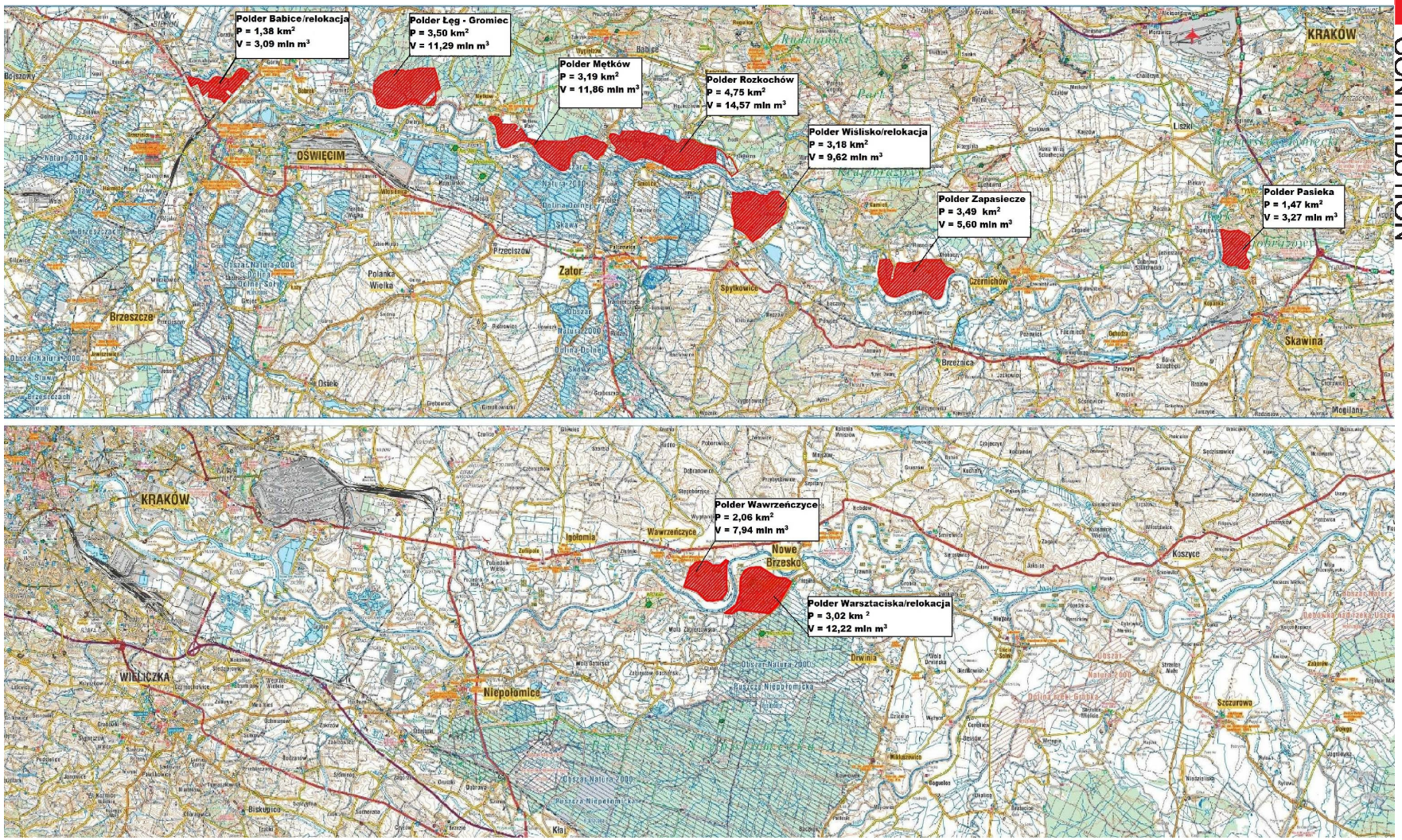
Identyfikację lokalizacji potencjalnych miejsc na których istnieje możliwość realizacji polderów przeprowadzono w wyniku kilku wizji terenowych poprzedzonych analizą map satelitarnych dostępnych na Google Earth. Poszukiwano terenów odciętych wałami od koryta Wisły, a jednocześnie niezabudowanych i ekstensywnie użytkowanych tak by ich okresowe zalewanie nie powodowało znaczących szkód. Istotnymi kryteriami była duża powierzchnia oraz niskie rzędne terenu, co zapewnia objętość polderu pozwalającą w

sposób znaczący redukować wysokość kulminacji powodzi. W kilku miejscach, z uwagi na lokalne obniżenia rzędnych obwałowań założono konieczność dokonania niewielkiego odcinkowego wyrównania ich korony. Ponadto miejsca identyfikowano pod kątem możliwości relokacji obwałowań mając na uwadze możliwość uzyskania jak największych efektów przyrodniczych bez jednoczesnego, istotnego pogorszenia bezpieczeństwa powodziowego.

Zidentyfikowano następujące miejsca potencjalnych polderów (wg kilometrażu modelu, rys.2):

1) polder Babice - kilometr wlotu: 921.1
2) polder Łęg – Gromiec kilometr wlotu: 911.21
3) polder Mętków - 901.50
4) polder Rozkochów - kilometr wlotu: 896.00
5) polder Wiślisko - kilometr wlotu 887.30
6) polder Zapasiecze - kilometr wlotu: 874.69
7) polder Pasieka - kilometr wlotu: 858.70
8) polder Wawrzeńczyce - kilometr wlotu: 803.78
9) polder Warsztaciska - kilometr wlotu: 801.80

Dla zidentyfikowanych polderów dokonano oszacowania ich powierzchni i pojemności. Do tego celu wykorzystano numeryczny model terenu opracowany w systemie Civil 3D na podstawie danych pozyskanych z Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie. Rok sporządzenia materiałów źródłowych: zdjęcia: 2009, NMT: 2004, zaktualizowany w 2009. Rzędne wysokości obwałowań odczytanych z modeli numerycznych weryfikowano następnie w oparciu o mapy udostępnione przez Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych z Krakowa stanowiące załącznik do projektów budowlanych. W praktyce kilka modeli cyfrowych terenu było niektualnych z uwagi na przeprowadzone w ostatnich latach remonty obwałowań. Obliczone pojemności wraz z opisem lokalizacji zestawiono w tab. 1.



Rys. 10. Schemat rozmieszczenia poddanych symulacjom polderów oraz relokowanych obwałowań.

Tab. 1. Powierzchnia i maksymalna objętość polderów.

Nazwa polderu	Lokalizacja	Powierzchnia	Objętość polderu przy określonej rzędnej	Ilość na stałe zamieszkanych obiektów do ew. usunięcia	Współrzędne i kilometraż wlotu przyjęte do obliczeń hydrologicznych
Babice	Województwo małopolskie, gmina Oświęcim, obręb Babice; województwo śląskie, gmina Bieruń, obręb Bieruń Nowy; pomiędzy drogą wojewódzką nr 950 Oświęcim - Tychy a nasypem kolejowym linii Oświęcim- Chrzanów	1,38 km^2	V 231.55 = 3,09 mln m^3	1 opuszczone, zniszczone siedlisko	N 50°3'47.62" E 19°11'50.99"
Łęg - Gromiec	Województwo małopolskie, gmina Libiąż, obręb Gromiec, Łęg. Zlokalizowany pomiędzy miejscowością Gromiec a Mętków. W północnej części ograniczony obszarem leśnym.	3,50 km^2	V 229.43 = 11,29 mln m^3	0	N 50°3'12.57" E 19°18'21.58"
Mętków	Województwo małopolskie Gmina Babice, obręb Mętków, Jankowice. Zlokalizowany pomiędzy miejscowością Mętków a Jankowice. W północnej i północno wschodniej części ograniczony obszarem leśnym.	3,19 km^2	V 226.08 = 11.86 mln m^3	0	N 50°2'23.83" E 19°23'31.24"
Rozkochów	Województwo małopolskie gmina Babice, obręb: Rozkochów, Jankowice, gmina Alwernia, obręb: Okleśna oraz w gminie Zator obręb Smolice i Miejsce. Zlokalizowany na wysokości miejscowości Rozkochów pomiędzy miejscowościami Jankowice w gminie Babice a miejscowością Okleśna w gminie Alwernia. Znaczną cześć polderu zajmują żwirownie należące do Krakowskich Zakładów Eksploatacji Kruszywa położone w zakolu A i zakolu B - terytorialne położone w gminie Zator. Polder zlokalizowany na obszarze Natura 2000 PLB120005 Dolina Dolnej Skawy.	4,75 km^2	V 222.25 = 14,57 mln m^3	0	N 50°2'7.42" E 19°26'44.12"
Wiślisko	Województwo małopolskie gmina Spytkowice obręb: Miejsce oraz gmina Alwernia, obręb: Okleśna. Zlokalizowany na wysokości miejscowości Spytkowice w zakolu starorzecza Wiślisko - Miejsce. W znacznej części położony na obszarze Natura 2000 PLB120005 Dolina Dolnej Skawy.	3,18 km^2	V 220.55 = 9,62 mln m^3	5 w tym 2 opuszczone, zniszczone siedliska	N 50°2'7.42" E 19°26'44.12"
Zapasiecze	Województwo małopolskie, gmina Czernichów obręb: Rusiocice Kłokoczyn.	3,49 km^2	V 214,85 = 5,60 mln m^3	7	N 49°59'30.60" E 19°38'31.13"

	Zlokalizowany pomiędzy miejscowościami Rusicie i Kłokoczyn. Część polderu zajmuje starorzecze, jego zachodnia granica oparta została o istniejąca drogę Łączany Kamień.				
Pasieka	Województwo małopolskie, gmina miejska m. Kraków obręb: Tyniec. Zlokalizowany pomiędzy ujściem rzeki Skawinka do Wisły a wzniesieniem Bogucianka. Znaczną część polderu zajmuje istniejący staw. Polder zlokalizowany w przeważającej części na obszarze Bielańsko Tynieckiego Parku Krajobrazowego.	1,47 km^2	V 209,20 = 3,27 mln m^3	0	N 49°59'27.2" E 19°47'28.39"
Wawrzeńczyce	Województwo małopolskie, Gmina Igołomia-Wawrzeńczyce obręb: Wawrzeńczyce. Zlokalizowany w sąsiedztwie miejscowości Wawrzeńczyce. Od strony północnej ograniczony drogą krajowa nr 79.	2,06 km^2	V 190,75 = 7,94 mln m^3	0	N 50°5'41.77" E 20°20'3.1"
Warsztaciska	Województwo małopolskie gmina Drwinia obręb: Ispina Zlokalizowany na obszarze Puszczy Niepołomickiej, obszarze Natura 2000 PLB120002 . W obszarze polderu zlokalizowany jest również rezerwat przyrody Wiślisko Kobyle.	3,02 km^2	V 189.90 = 12,22 mln m^3	0	N 50°6'24.96" E 20°20'55.8"
	SUMA	**26,04 km^2:** - 20,96km^2 przed Krakowem - 5,08 km^2 poniżej Krakowa	**79,46 mln m^3:** - 59,30 mln m^3 przed Krakowem - 20,16 mln m^3 poniżej Krakowa	**13** z czego 3 opuszczone siedliska	

Ponadto wytypowano 3 podstawowe odcinki rzeki objęte możliwą do przeprowadzenia relokacją obwałowań na wysokości następujących polderów (wg kilometrażu modelu, rys. 2):

1) polder Babice km 921.6 – 919.65
2) polder Wiślisko km 886.8 – 885.00
3) polder Warsztaciska km 801.2 – 803.3

Zamiast dobudowania w powyższych miejscach zewnętrznych obwałowań tworzących dany polder zaproponowano przesunięcie starego obwałowania w ich miejsce.

Obok opisanych powyżej działań, na wysokości stopnia Przewóz proponuje się przyłączenie do głównego koryta prawobrzeżnego starorzecza (50°02'13.63"N, 20°05'36.78"E) o długości 1,8 km, tak żeby było zalewane przynajmniej dwa do trzech razy w ciągu roku. Ponadto sugeruje się zaniechanie dalszych prac regulacyjnych i konserwacji zbędnych budowli regulacyjnych, a w niektórych przypadkach ich demontaż. Postulaty te nie dotyczą obiektów chroniących wały oraz inne elementy infrastruktury. Demontaż powinien dotyczyć w pierwszej kolejności ostróg wykonanych na brzegach wypukłych wzdłuż całego małopolskiego odcinka Wisły poniżej stopnia Przewóz. Na dwóch jednostronnie obwałowanych odcinkach Wisły tj. w okolicach Wawrzeńczyc km 805+250 – 802+500 (kilometraż wg MPHP) oraz między Nowym Brzeskiem a Koszycami km 798+800 – 785+000 postuluje się wytypowanie miejsc zbudowanych z piasku lub żwiru, gdzie możliwe byłoby także usunięcie umocnień wykonanych na brzegach wklęsłych lewostronnej części Wisły. Pozwoliłoby to na uruchomienie procesu podcinania skarp brzegów i co za tym idzie zwiększenie dostawy rumoszu do koryta rzeki. Ponadto sugeruje się rozważyć likwidację lewobrzeżnego obwałowania w km 786+200 – 785+650 w miejscowości Parcela – Morsko o długości ok. 450 m. Obwałowanie to nie spełnia swojej funkcji, gdyż zgodnie z mapami zagrożenia powodziowego (http://mapy.isok.gov.pl/imap/) nie jest w stanie zatrzymać nawet wody o prawdopodobieństwie przepływu 10%. Ponadto jest zlokalizowane na wysokości terenów niezabudowanych.

3.3. Wpływ wybranych działań rewitalizacyjnych górnej Wisły w Małopolsce na maksymalne przepływy i rzędne poziomu zwierciadła Wisły na przykładzie powodzi w maju 2010 roku

W Załączniku 2 do niniejszego opracowania dokonano oceny efektywności wszystkich 9 zidentyfikowanych polderów (wariant I) oraz 6 polderów wraz z relokacją obwałowań w trzech miejscach (wariant II) zgodnie z poniższą tabelą.

Tab. 2. Warianty poddane badaniom symulacyjnym.

Wariant I oparty wyłącznie o poldery	Wariant II mieszany: 6 polderów oraz relokacja
polder Babice - kilometr wlotu: 921.1	relokacja obwałowań km 921.6 – 919.65
polder Łęg – Gromiec kilometr wlotu: 911.21	polder Łęg – Gromiec kilometr wlotu: 911.21
polder Mętków kilometr wlotu: 901.50	polder Mętków - kilometr wlotu: 901.50
polder Rozkochów - kilometr wlotu: 896.00	polder Rozkochów - kilometr wlotu: 896.00
polder Wiślisko - kilometr wlotu 887.30	relokacja obałowań km 886.8 – 885.00
polder Zapasiecze - kilometr wlotu: 874.69	polder Zapasiecze - kilometr wlotu: 874.69
polder Pasieka - kilometr wlotu: 858.70	polder Zapasiecze - kilometr wlotu: 874.69
polder Wawrzeńczyce - kilometr wlotu 803.78	polder Wawrzeńczyce - kilometr wlotu 803.78
polder Warsztaciska - kilometr wlotu: 801.80	relokacja obwałowań km 801.2 – 803.3

Jedynym realnie dostępnym sposobem oceny oddziaływania polderów i relokacji obwałowań jest symulacja komputerowa. Do badań symulacyjnych wykorzystano hydrogramy stanów i przepływów zaobserwowane podczas powodzi w maju 2010 roku. Była to jedna z największych powodzi jakie wystąpiły na górnej Wiśle w okresie objętym obserwacjami. Powódź ta charakteryzowała się długim czasem utrzymywania się stanów i przepływów na poziomie zbliżonym do maksymalnego. Uzyskane oceny redukcji zagrożenia w wyniku oddziaływania polderów są w tej sytuacji ostrożne w tym sensie, iż w przypadku krótkotrwałych fal typowych dla górnej Wisły wyniki redukcji mogą być większe.

Dla oceny wpływu rewitalizacji górnej Wisły na kształtowanie się przepływów maksymalnych opracowano model hydrodynamiczny odcinka Wisły pomiędzy wodowskazami IMGW w Nowym Bieruniu w km 919+810 oraz Popendzynką km 784+640.

Dla zbudowania modelu wykorzystano przekroje poprzeczne doliny Wisły i Raby uzyskane w ramach projektu Banku Światowego w latach 1999 i 2000. Dopływy boczne zostały uwzględnione, jako dopływy skupione zasilające Wisłę hydrogramami przepływów. Uwzględniono w tym przypadku hydrogramy przepływów dla:

- Przemszy – z profilu Jeleń,
- Soły w Oświęcimiu,
- Skawy w Zatorze,
- Skawince w Radziszowie,
- Balicach na Rudawie.

Zasilanie modelowanego odcinka Raby odbywało się w profilu wodowskazu w Proszówkach. Do obliczeń wykorzystano aplikacje HEC-RAS (wersja 4.1.0) stworzoną przez Hydrologic Engineering Center U.S Army Corps of Engineers (http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/) z uwagi na:

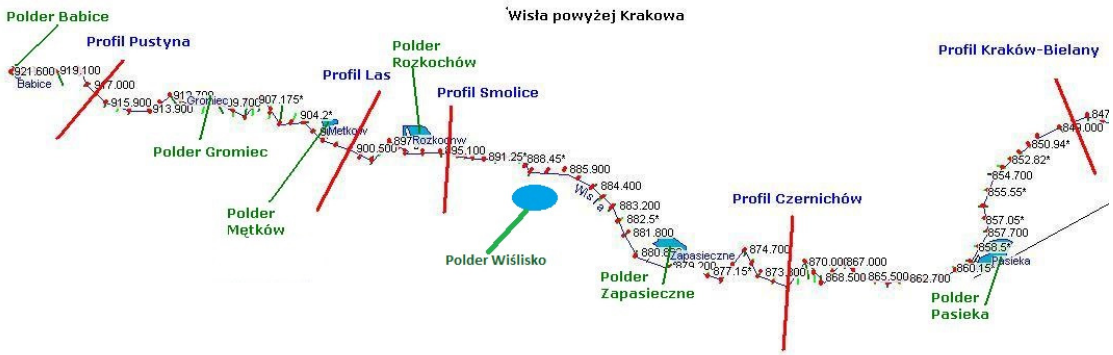
- szeroki zakres zastosowania,
- możliwości modelowania urządzeń wodnych,
- posiadanie własnej bazy danych z wieloma narzędziami do analizy wyników obliczeń,
- aplikacja jest bezpłatna.

Dla właściwego modelowania odcinka rzeki niezbędne były odpowiednie zestawy danych obserwacyjnych w tym przypadku posłużono się danymi o stanach wody (przepływach) zbieranymi z portalu www.pogodynka.pl/podest/ na bieżąco w trakcie powodzi w roku 2010 a także z publikacji „DORZECZE WISŁY – MONOGRAFIA POWODZI MAJ-CZERWIEC".

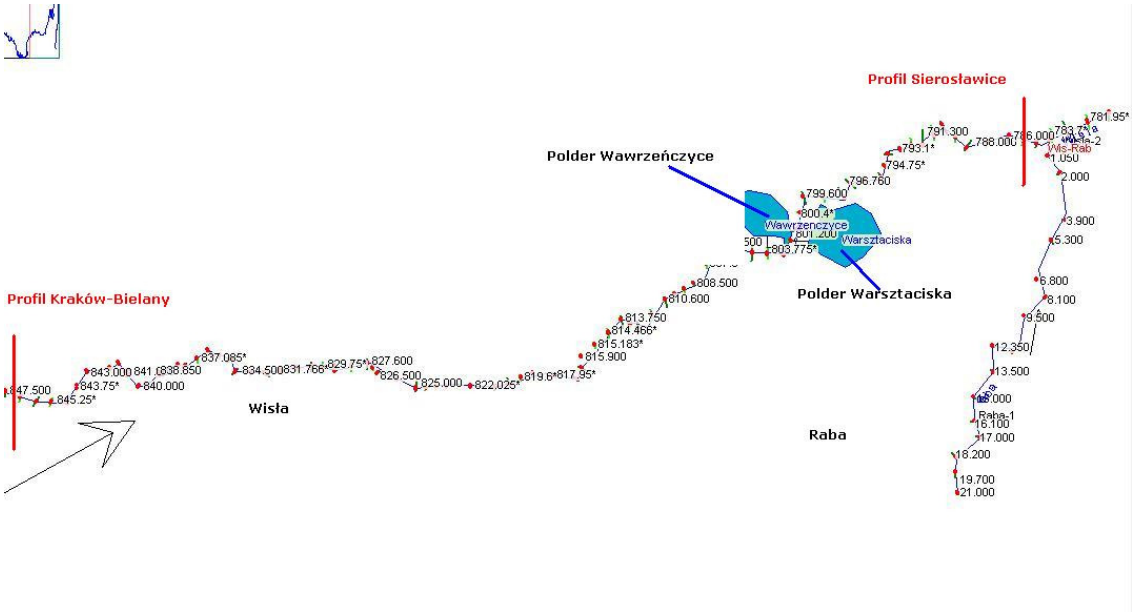
Na modelowanym odcinku znajduje się sześć stopni wodnych na istniejącej drodze wodnej górnej Wisły. Uwzględnione one zostały, jako obiekty mające swój wpływ na transformację przepływów.

Uzyskano zadowalającą zgodność wyników symulacji z wynikami obserwacji.

Lokalizację planowanych polderów oraz wykorzystanych w obliczeniach profili kontrolnych na odcinku obliczeniowym przedstawiono poniżej (rys. 3, 4).



Rys. 3. Lokalizacja polderów oraz profili kontrolnych na odcinku Wisły powyżej Krakowa.



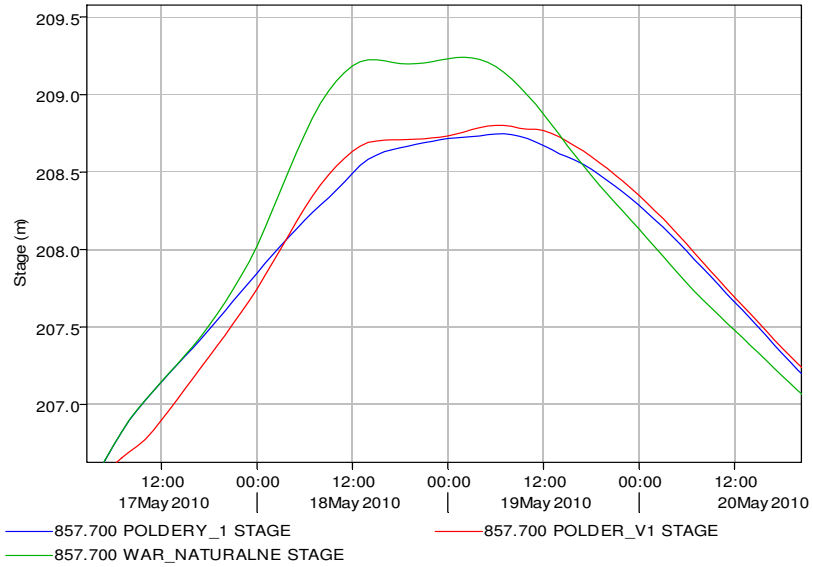
Rys. 4. Lokalizacja polderów oraz profili kontrolnych na odcinku Wisły poniżej Krakowa.

W niżej opisanych wynikach obliczeń wpływu pracy polderów na transformację fali powodziowej w korycie Wisły przyjęto następujące zasady:

- Dla otrzymanych krzywych napełnienia polderów (rysunki w załączniku 2) zoptymalizowano rzędną oraz szerokość jazu wlotowego tak by efekt obniżenia maksymalnego przepływu (dla fali z roku 2010) był największy.
- W przypadku, gdy rzędne maksymalne w korycie są wyższe niż maksymalne krzywej napełnienia polderu – zastosowano ekstrapolację liniową.
- Efekt działania polderów oceniano na najbliższym profilu wodowskazowym znajdującym się poniżej wlotu polderu (zaznaczone na rysunkach).
- Niewykorzystana pojemność retencyjna wyniosła blisko 13 mln m^3 i wynikało to z faktu, iż polderu nie można grawitacyjnie napełnić do rzędnej wyższej niż maksymalna rzędna symulowanej fali (w tym przypadku fali z 2010roku). W przypadku wystąpienia fali o kulminacji wyższej niż w 2010 roku pojemność ta może być w części lub w całości wykorzystana. Teoretycznie można rozważać możliwość budowania kanału derywacyjnego (rozwiązanie stosowane w przypadku przepływowych elektrowni wodnych), co pozwoliłoby na wykorzystywanie pełnej pojemności polderów niezależnie od wysokości wezbrania. Rozwiązanie takie wymagałoby niezwykle precyzyjnego sterowania napełnianiem polderów, a ponadto budowy kanałów derywacyjnych z urządzeniami sterującymi – nie wydaje się by było to rozwiązanie sensowne ekonomicznie.

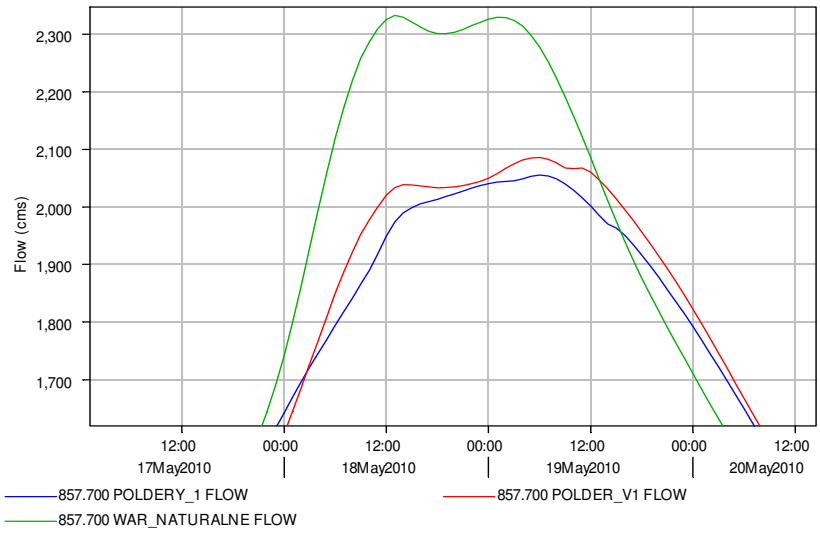
Na poniższych rysunkach pokazano efekty działania polderów i relokacji obwałowań. **Kolorem niebieskim** oznaczono wyniki obliczeń przy wykorzystaniu wszystkich polderów w warunkach maksymalnego „ścięcia" szczytu fali z maja 2010. **Kolorem czerwonym** oznaczono wyniki przy założeniu, że w miejsce polderów Babice, Wiślisko i Warsztacisko mamy relokację wałów zamiast polderu z określonym szerokością i rzędną korony przelewem bocznym. **Kolor zielony** oznacza wyniki obliczeń dla warunków bez polderów i przy normalnej eksploatacji stopni wodnych.

Na rys. 5 przedstawiono wyniki redukacji maksymalnych rzędnych zwierciada wody w profilu poniżej ujścia Skawinki tj. w km 857+700. Swtierdzono, że redukcja dla wariantu z 9 polderami wyniesie 49 cm, natomiast dla wariantu z częściową relokacją obwałowań będzie nieco niższa i wyniesie 44 cm.



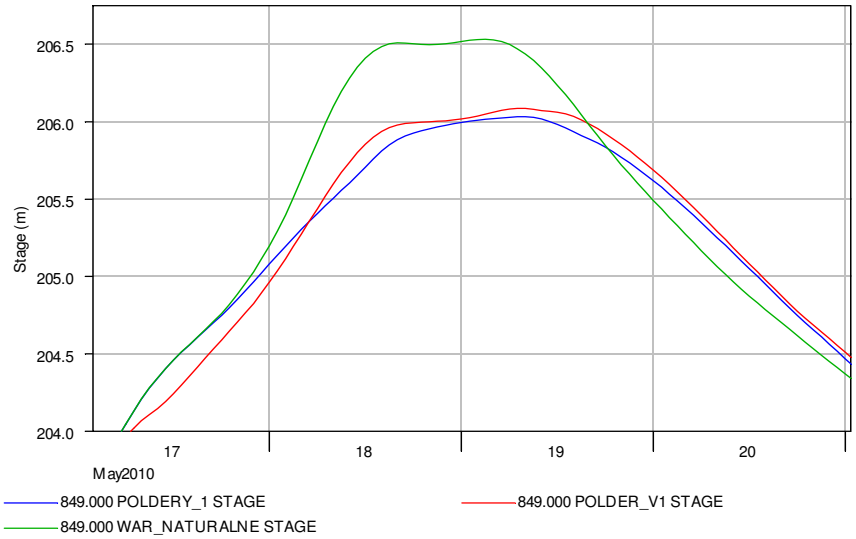
Rys. 5. Porównanie wartości maksymalnych rzędnych zwierciada wody Wisły poniżej ujścia Skawinki.

Z kolei na rys. 6 pokazano zmiany w profilu maksymalnych natężeń przepływu poniżej ujścia Skawinki w. Wskutek realizacji pełnej polderyzacji nastąpi zmniejszenie wartości przepływów o 278 m^3/s. Z kolei wariant z częściową relokacją obwałowań pozwoli na zmniejszenie wartości przepływów o 247 m^3/s.



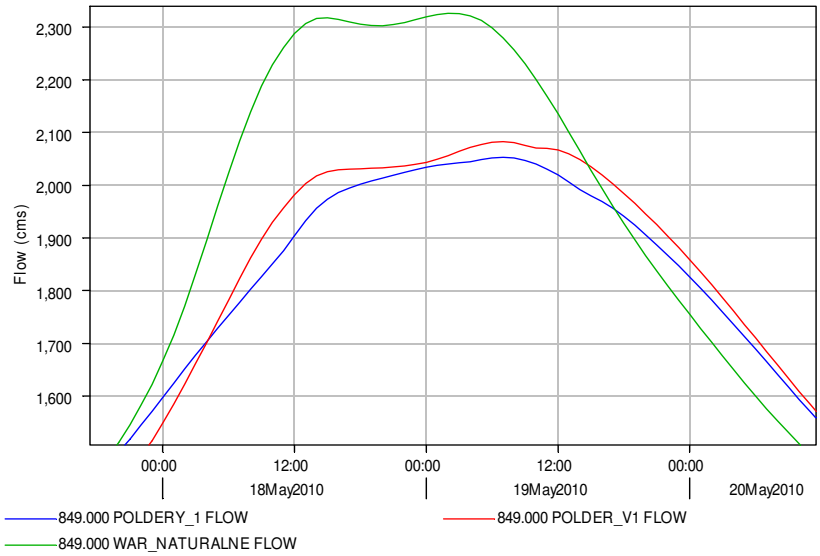
Rys. 6. Porównanie wartości maksymalnych natężeń przepływu wody Wisły poniżej ujścia Skawinki.

Na rys. 7 przedstawiono wyniki redukacji maksymalnych rzędnych zwierciada wody w profilu w rejonie Bielan tj. w km 849+000. Stwierdzono, że redukcja dla wariantu z 9 polderami wyniesie 50 cm, natomiast dla wariantu z częściową relokacją obwalowań będzie nieco niższa i wyniesie 44 cm.



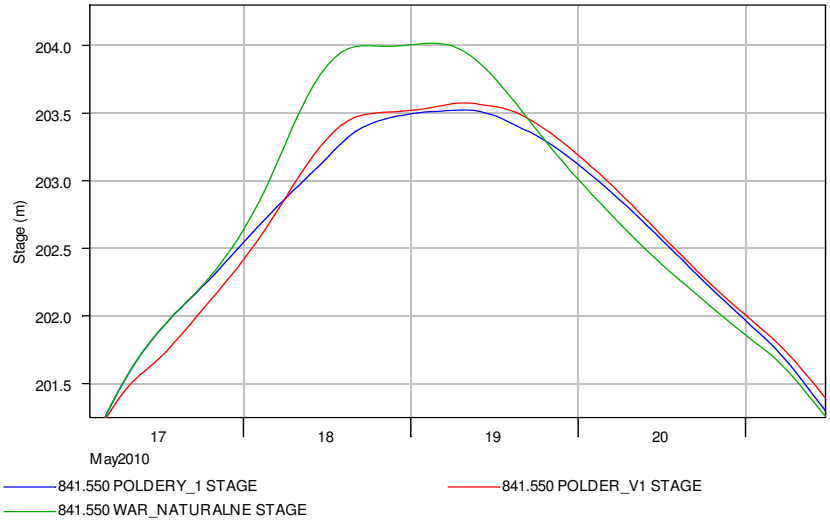
Rys. 7. orównanie wartości maksymalnych rzędnych zwierciada wody Wisły w rejonie wodowskazu Kraków- Bielany.

Z kolei na rys. 8 pokazano zmiany w profilu maksymalnych natężeń przepływu w profilu w rejonie Bielan tj. w km 849+000. Wskutek realizacji pełnej polderyzacji nastąpi zmniejszenie wartości przepływów o 274 m^3/s. Z kolei wariant z częściową relokacją obwałowań pozwoli na zmniejszenie wartości przepływów o 244 m^3/s.



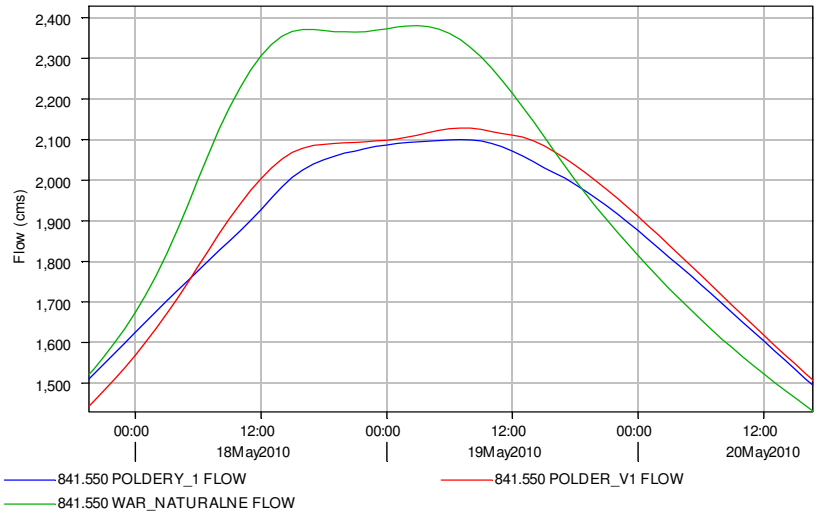
Rys. 8. Porównanie wartości maksymalnych natężeń przepływu Wisły w rejonie wodowskazu Kraków- Bielany.

Na rys. 9 przedstawiono wyniki redukacji maksymalnych rzędnych zwierciada wody w profilu w rejonie Wawelu tj. w km 841+550. Stwierdzono, że redukcja dla wariantu z 9 polderami wyniesie 50 cm, natomiast dla wariantu z częściową relokacją obwałowań będzie nieco niższa i wyniesie 44 cm.



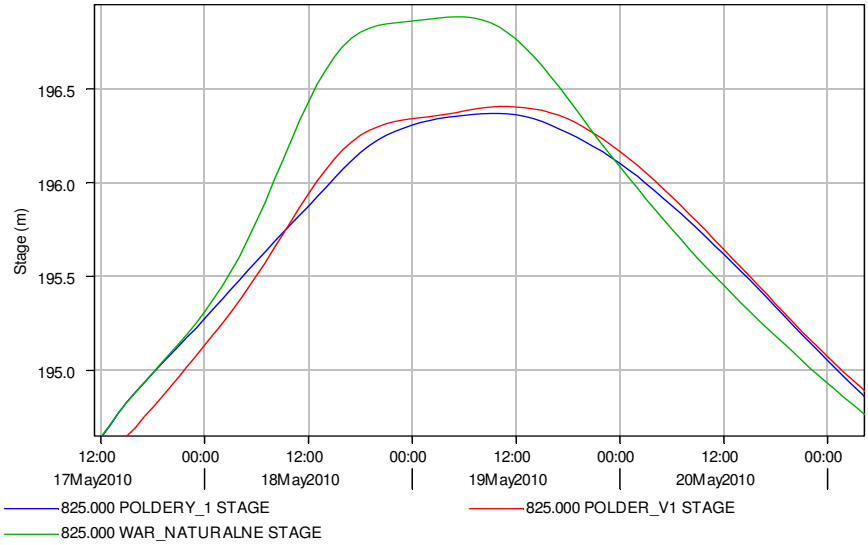
Rys. 9. Porównanie wartości maksymalnych rzędnych zwierciada wody Wisły w rejonie w rejonie Wawelu.

Z kolei na rys. 10 pokazano zmiany w profilu maksymalnych natężeń przepływu w profilu w rejonie Wawelu tj. w km 841+550. Wskutek realizacji pełnej polderyzacji nastąpi zmniejszenie wartości przepływów o 280 m^3/s. Z kolei wariant z częściową relokacją obwałowań pozwoli na zmniejszenie wartości przepływów o 251 m^3/s.



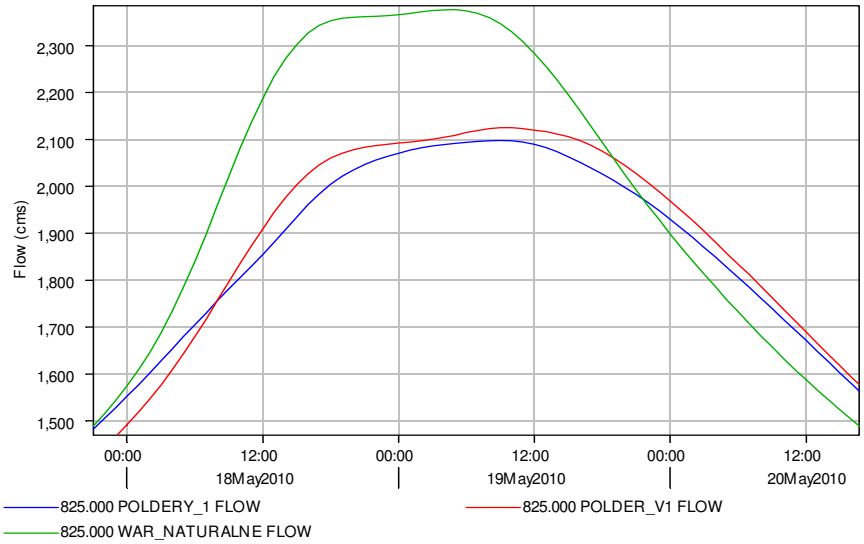
Rys. 10. Porównanie wartości maksymalnych natężeń przepływu Wisły w rejonie Wawelu.

Na rys. 11 przedstawiono wyniki redukacji maksymalnych rzędnych zwierciada wody w profilu w poniżej Krakowa tj. w km 825+000. Stwierdzono, że redukcja dla wariantu z 9 polderami wyniesie 52 cm, natomiast dla wariantu z częściową relokacją obwałowań będzie nieco niższa i wyniesie 48 cm.



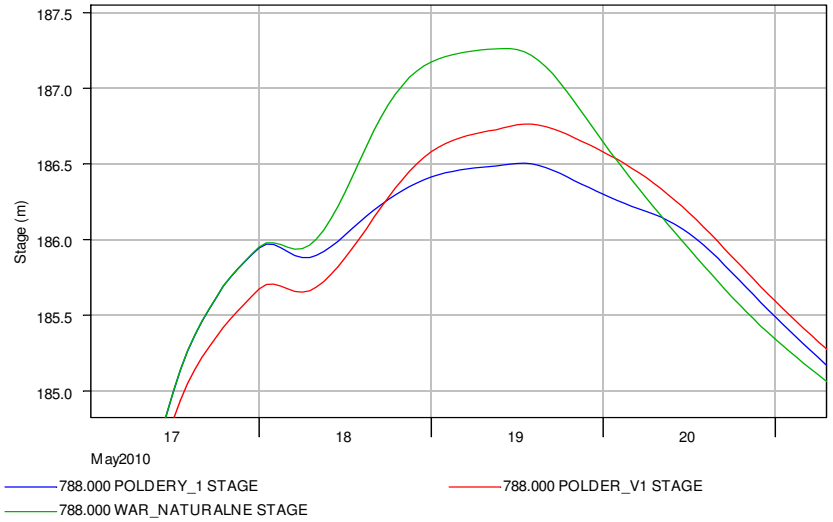
Rys. 11. Porównanie wartości maksymalnych rzędnych zwierciada wody Wisły poniżej Krakowa.

Z kolei na rys. 12 pokazano zmiany w profilu maksymalnych natężeń przepływu w profilu poniżej Krakowa tj. w km 825+000. Wskutek realizacji pełnej polderyzacji nastąpi zmniejszenie wartości przepływów o 279 m^3/s. Z kolei wariant z częściową relokacją obwałowań pozwoli na zmniejszenie wartości przepływów o 252 m^3/s.



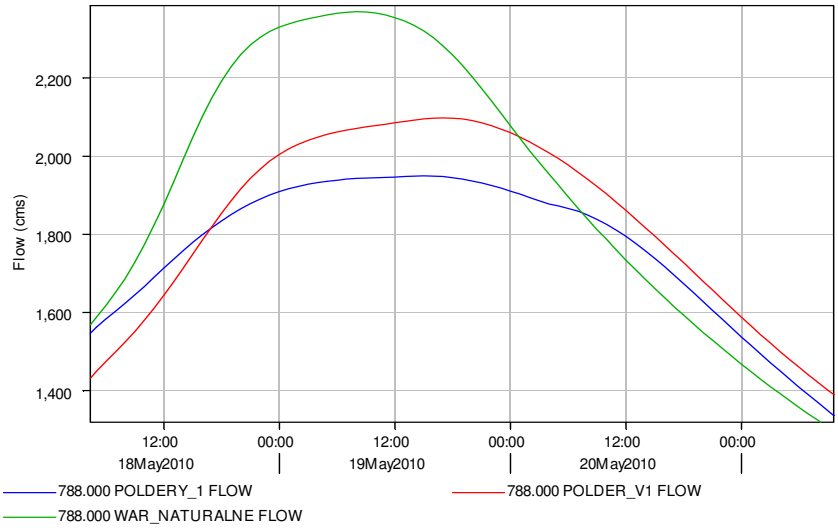
Rys. 12. Porównanie wartości maksymalnych natężeń przepływu Wisły poniżej Krakowa.

Na rys. 13 przedstawiono wyniki redukacji maksymalnych rzędnych zwierciada wody w profilu w rejonie Sierosławic tj. w km 788+000. Stwierdzono, że redukcja dla wariantu z polderami wyniesie 76 cm, natomiast dla wariantu z częściową relokacją obwałowań będzie niższa i wyniesie 50 cm.



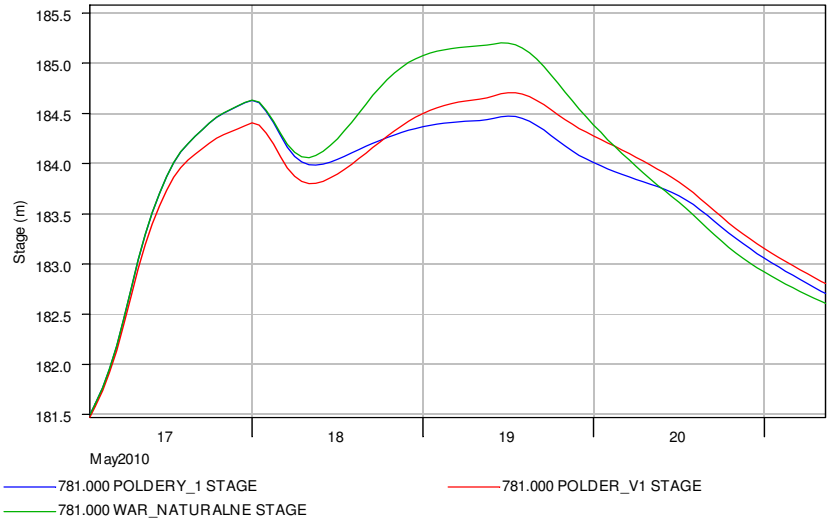
Rys. 13. Porównanie wartości maksymalnych rzędnych zwierciada wody Wisły w rejonie wodowskazu Sierosławice (powyżej ujścia Raby).

Z kolei na rys. 14 pokazano zmiany w profilu maksymalnych natężeń przepływu w profilu w rejonie Sierosławic tj. w km 788+000. Wskutek realizacji pełnej polderyzacji nastąpi zmniejszenie wartości przepływów o 420 m^3/s. Z kolei wariant z częściową relokacją obwałowań pozwoli na zmniejszenie wartości przepływów o 271 m^3/s.



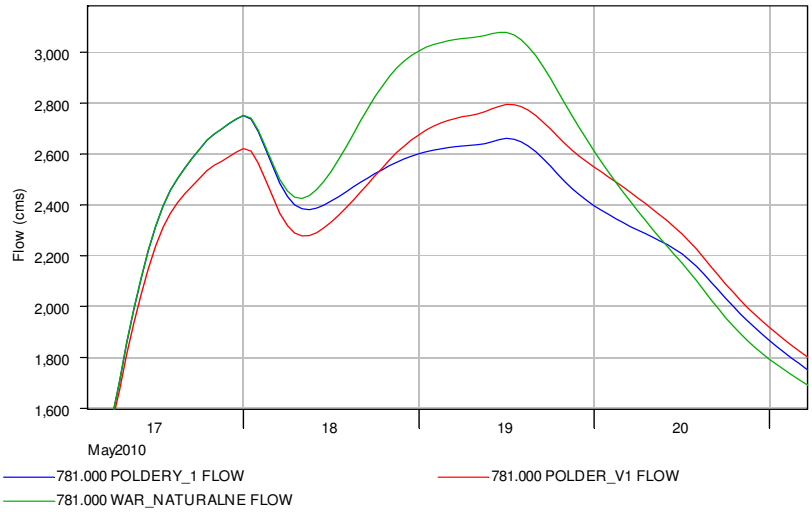
Rys. 14. Porównanie wartości maksymalnych natężeń przepływu w rejonie wodowskazu Sierosławice (powyżej ujścia Raby).

Na rys. 15 przedstawiono wyniki redukacji maksymalnych rzędnych zwierciada wody w profilu poniżej Raby tj. w km 781+000. Stwierdzono, że redukcja dla wariantu z polderami wyniesie 57 cm, natomiast dla wariantu z częściową relokacją obwałowań będzie niższa i wyniesie 49 cm.



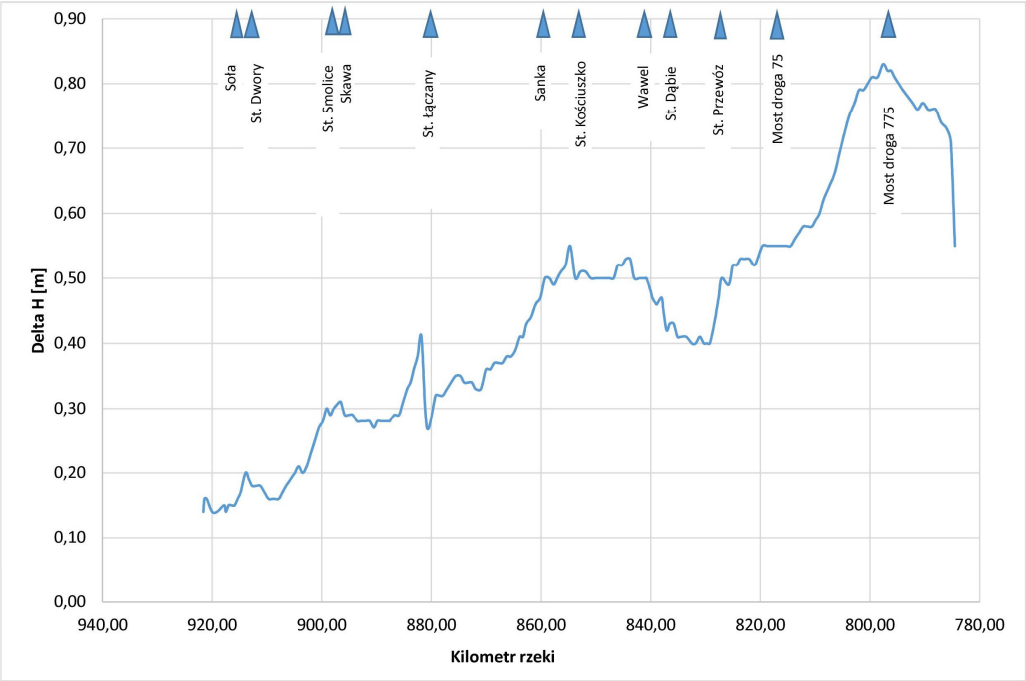
Rys. 15. Porównanie wartości maksymalnych rzędnych zwierciada wody Wisły poniżej Raby.

Z kolei na rys. 16 pokazano zmiany w profilu maksymalnych natężeń przepływu w profilu poniżej Raby tj. w km 781+000. Wskutek realizacji pełnej polderyzacji nastąpi zmniejszenie wartości przepływów o 330 m^3/s. Z kolei wariant z częściową relokacją obwałowań pozwoli na zmniejszenie wartości przepływów o 290 m^3/s.

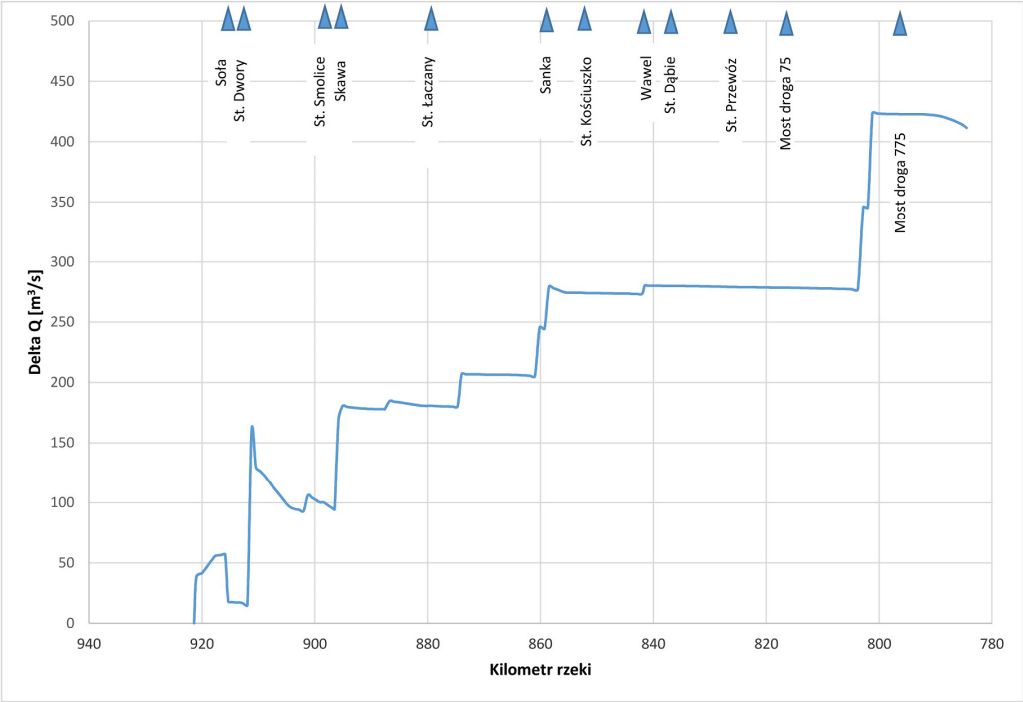


Rys. 16. Porównanie wartości maksymalnych natężeń przepływu Wisły poniżej Raby.

Podsumowaniem efektywności działania wszystkich 9 polderów jest prezentacja uzyskanych wartości maksymalnych rzędnych zwierciadła wody oraz maksymalnych natężeń przepływu w profilu podłużnym. Działanie polderów pozwoliłoby na redukcję rzędnych zwierciadła Wisły od 14 cm w rejonie ujścia Soły do Wisły do 80 cm w okolicach mostu wiślanego drogi 775 prowadzącej w kierunku Nowego Brzeska (rys. 17). W rejonie Wawelu w Krakowie obniżenie fali powodziowej wyniesie 50 cm, po czym pomiędzy stopniami Dąbie i Przewóz wartość ta ulega zmniejszeniu o 10 cm. W odniesieniu do maksymalnych natężeń przepływu wariant z pełną polderyzacją umożliwiłby jednocześnie ich redukcję max do 423 m^3/s (rys. 18). W przypadku budowy polderów z urządzeniami sterującymi efektywność może być większa.



Rys. 17. Możliwe obniżenie maksymalnych rzędnych zwierciadła wody dla powodzi z 2010 r. na Wiśle uzyskane w wyniku pełnej polderyzacji rzeki.



Rys. 18. Możliwe obniżenie maksymalnych natężeń przepływu dla powodzi z 2010 r. na Wisłę wskutek pełnej polderyzacji rzeki.

Uzyskane wyniki redukcji maksymalnych rzędnych oraz przepływów fali powodziowej wskazują, iż z punktu widzenia efektywności powodziowej korzystniejsze jest utworzenie 9 polderów (wariant I). Z kolei biorąc pod uwagę względy środowiskowe lepszym rozwiązaniem jest częściowa polderyzacja połączona z relokacją 3 obwałowań (wariant II). W praktyce II wariant oznacza korzystniejszą łączność ekologiczną koryta Wisły z terenami zalewowymi o powierzchni 760 ha, które w wyniku relokacji obwałowań w naturalny sposób byłyby zalewane w trakcie wysokich wezbrań. Na terenach tych znajdują się odcięte starorzecza, z czego największe zlokalizowane jest w obszarze Natura 2000 PLB120005 Dolina Dolnej Skawy w sołectwie Miejsce w gm. Spytkowice. Przy niewielkim nakładzie robót ziemnych najlepszym rozwiązaniem jest tutaj trwałe połączenie Wisły z istniejącym starym, zakolem co pozwoliłoby na odzyskanie 4 km biegu rzeki. Z kolei na części obszaru Natura 2000 Puszcza Niepołomicka PLB120002, bez uszczerbku dla przedmiotów jego ochrony relokacja obwałowania umożliwiłaby zainicjowanie procesów siedliskotwórczych w kierunku rozwoju ekosystemów zależnych od wód. Dla Krakowa oznaczałoby to nieznaczne pogorszenie redukcji rzędnych fali powodziowej tj. o ok. 6 cm, natomiast w przypadku Wisły poniżej Raby o ok. 8 cm.

3.4. Opinia o celowości budowy stopnia Niepołomice na Wiśle i wybranych skutkach tej budowy wraz z propozycją dalszych działań rewitalizacyjnych w obrębie jej koryta poniżej stopnia Przewóz

Budowę stopnia wodnego Niepołomice zaplanowano jako element szlaku żeglugowego górnej Wisły. Szlak ten miał być wykorzystywany przede wszystkim do transportu towarów masowych, w tym zwłaszcza węgla, którego załadunek odbywałby się w porcie rzecznym w Tychach, a miejscem docelowym byłyby między innymi elektrociepłownia Łęg w Krakowie, huta żelaza w Nowej Hucie (obecnie Huta Sędzimira) oraz elektrownia w Połańcu. Żeglugę na górnej Wiśle miał umożliwić system 16 stopni wodnych, poczynając od stopnia Dwory pod Oświęcimiem do stopnia Koćmierzów w pobliżu Sandomierza. W latach 1949-2003 wybudowano sześć z planowanych stopni (od stopnia Dwory do stopnia Przewóz), czyli średnio jeden stopień na 9 lat.

Pomimo ukończenia ciągłego systemu stopni wodnych zapewniających ciągłość szlaku żeglugowego pomiędzy portem w Tychach i stopniem Przewóz w bezpośrednim sąsiedztwie Huty Sędzimira, szlak ten nie jest wykorzystywany do transportu towarów masowych, w tym między innymi dowozu węgla do elektrociepłowni Łęg w Krakowie czy Huty Sędzimira. Jest to spowodowane małą opłacalnością transportu wodnego na niewielkie odległości (konieczność kilkakrotnego przeładunku towaru, zanim dotrze on do miejsca przeznaczenia), brakiem środków na utrzymanie właściwej głębokości toru wodnego poprzez bagrowanie dna koryta Wisły i długotrwałym utrzymywaniem się przepływów niżówkowych na górnej Wiśle, uniemożliwiających żeglugę barek nawet w przypadku bagrowania toru wodnego.

Jednocześnie poniżej stopnia Przewóz – zlokalizowanego najniżej w biegu rzeki spośród 6 istniejących stopni – zaznaczyła się intensywna erozja denna. W ciągu XX wieku, a zwłaszcza w jego drugiej połowie Wisła wcięła się od ok. 2,5 m bezpośrednio poniżej stopnia Przewóz do ok. 3 m w przekroju posterunku wodowskazowego Sierosławice zlokalizowanego na 130,5 km rzeki, powyżej ujścia Raby do Wisły. Ta erozja denna zagraża stateczności stopnia Przewóz, dlatego też dla zapewnienia jego stateczności postuluje się podparcie tego stopnia wodami Wisły spiętrzonymi w wyniku budowy kolejnego stopnia Niepołomice. Jako dalsze argumenty przemawiające za budową tego stopnia wskazuje się przedłużenie (niefunkcjonującego!) szlaku żeglugowego górnej Wisły do Niepołomic, poprawę stosunków wodnych na obszarze Puszczy Niepołomickiej oraz korzyści wynikające z funkcjonowania elektrowni wodnej na tym stopniu.

W Załączniku 3 wykazano, że istnieje możliwość zahamowania, a w dalszej perspektywie odwrócenia dotychczasowej tendencji do erozji dennej w odcinku Wisły zlokalizowanym bezpośrednio poniżej stopnia Przewóz za pomocą przedsięwzięć z zakresu gospodarki wodnej na górnej Wiśle innych niż budowa kolejnego stopnia wodnego. Równocześnie dokonano oceny możliwości poprawy stosunków wodnych na obszarze Puszczy Niepołomickiej w wyniku budowy stopnia Niepołomice oraz wpływu piętrzenia Wisły stopniem Niepołomice na wielkość retencji korytowej wód powodziowych pomiędzy stopniem Przewóz i

stopniem Niepołomice. Wskazano również, że przedłużenie szlaku żeglugowego w dół rzeki musiałoby się odbywać w sposób respektujący surowe wymogi środowiskowe formułowane m.in. w Ramowej Dyrektywie Wodnej Unii Europejskiej, a w konsekwencji koszt budowy tego szlaku musiałby być znacznie większy, a eksploatacja jego i towarzyszących mu elektrowni wodnych byłaby znacznie mniej opłacalna niż pierwotnie planowano.

Zwolennicy budowy stopnia Niepołomice twierdzą, iż budowa tego stopnia jest jedynym sposobem zahamowania postępującej erozji Wisły poniżej stopnia Przewóz. Nie zauważają oni zarazem, że wprawdzie spiętrzenie wód Wisły na stopniu Niepołomice może poprawić stateczność stopnia Przewóz, ale w żaden sposób nie wyeliminuje przyczyn zachodzącej erozji dennej Wisły poniżej najniższego stopnia na górnej Wiśle i po kilku-kilkunastu latach pojawi się problem erozji dennej zagrażającej stateczności stopnia Niepołomice. Wtedy dla zapewnienia stateczności tego stopnia konieczne będzie podparcie go wodami niższego zbiornika i tak działania te trzeba będzie prowadzić na koszt polskiego podatnika aż do cofki stopnia Włocławek.

Erozja denna zachodząca poniżej najniższego stopnia przegradzającego koryto Wisły jest przejawem nierównowagi pomiędzy dostawą rumowiska dennego do odcinka rzeki poniżej stopnia Przewóz i zdolnością rzeki do transportu tego rumowiska. Przywracanie tej równowagi powinno się więc odbywać poprzez zwiększenie dostawy rumowiska dennego poniżej stopnia Przewóz i zmniejszanie zdolności transportowej Wisły poniżej tego stopnia. W krajach Europy Zachodniej już dawno zauważono, że rumowisko denne docierające do cofki zbiornika zaporowego nie stanowi zasobu taniego i dostępnego do eksploatacji kruszywa, tylko musi być przerzucane poniżej takiego zbiornika (lub ewentualnie szeregu kolejnych zbiorników) i tam ponownie wprowadzane do koryta rzeki, aby zapewnić równowagę dynamiczną rzeki i ciągłość transportu rumowiska. Tymczasem w Sole i Skawie – rzekach karpackich zasilających górną Wisłę powyżej stopnia Przewóz w żwirowe rumowisko denne – wciąż prowadzi się masową eksploatację żwiru w ramach szczególnego korzystania z wód. Koryto górnej Wisły poniżej ujścia Skawy również jest obszarem eksploatacji rumowiska dennego prowadzonej legalnie pod pozorem utrzymania szlaku żeglugowego w tym odcinku rzeki. Efektem tych działań jest niedobór rumowiska w Wiśle, które nie dociera w dostatecznej ilości do korony stopnia Przewóz nawet w czasie przepływów powodziowych, gdy urządzenia upustowe kolejnych stopni wodnych są otwarte. Do znacznego wcięcia się Wisły przyczyniła się także rabunkowa eksploatacja materiału dennego prowadzona w minionych dziesięcioleciach w korycie rzeki na odcinku poniżej stopnia Przewóz.

Zapewnienie dostatecznej dostawy rumowiska dennego poniżej stopnia Przewóz wymaga zaniechania eksploatacji żwiru z koryt dopływów Wisły, tak aby rzeki te mogły wprowadzać ten materiał do koryta Wisły. Utrzymanie szlaku żeglugowego na górnej Wiśle powinno obejmować jego bagrowanie, załadunek pozyskanego rumowiska dennego na barki i przewóz barkami do korony stopnia Przewóz, gdzie materiał ten w formie półpłynnej powinien być przerzucany poniżej stopnia, skąd byłby następnie zabrany przez rzekę w okresie stanów wezbraniowych. Kategorycznie należy natomiast zaniechać usuwania rumowiska dennego poza

koryto Wisły, w tym zwłaszcza eksploatacji tego materiału z przybrzeżnych łach żwirowych położonych poza szlakiem żeglugowym.

Istotnym działaniem ułatwiającym powstrzymanie erozji dennej Wisły, a następnie odwrócenie tej tendencji powinno być zmniejszenie zdolności transportowej rzeki poprzez poszerzenie czynnego przekroju jej koryta. Szerokość ta na znacznej części odcinka Przewóz-Niepołomice jest obecnie zmniejszona przez ostrogi brzegowe (tamy poprzeczne) zajmujące do 1/3 całkowitej szerokości koryta. Obecnie siła transportowa rzeki rozkłada się na pozostałe 2/3 szerokości koryta, natomiast rozebranie ostróg skutkowałoby oddziaływaniem tej siły na całej szerokości koryta.

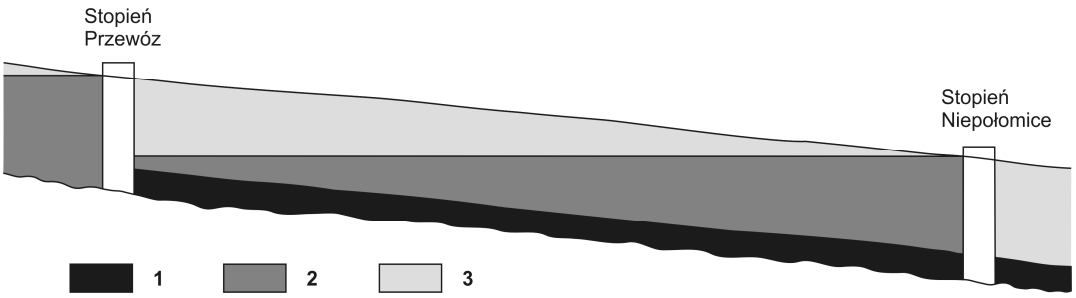
W przypadku zaniechania starań o uruchomienie szlaku żeglugi towarów masowych w odcinku Wisły poniżej stopnia Przewóz możliwe jest podjęcie kolejnych działań prowadzących do agradacji dna rzeki poniżej tego stopnia. Jednym z nich byłoby wykorzystanie kamienia łamanego pozyskanego z rozbiórki ostróg do nadbudowy naturalnych bystrzy (przemiałów) w korycie Wisły. Istotą tego działania byłoby nie tyle podwyższenie koron bystrzy o określoną wysokość (choć to także miałoby miejsce), ile raczej zwiększenie szorstkości dna na bystrzach i tym samym zwiększenie oporów przepływu, a także zabezpieczenie bystrzy przed rozmywaniem w czasie przepływów powodziowych ziarnami ponadwymiarowymi, tj. znacznie większymi od ziarn naturalnego rumowiska dennego Wisły.

Wprawdzie zachodząca poniżej stopnia Przewóz nadbudowa dna Wisły jedynie częściowo niwelowałaby zaistniałe tu w XX wieku wcięcie się rzeki, mogłaby jednak przyczynić się do wzrostu wysokości stanów wody osiąganych przy określonym przepływie powodziowym w stosunku do sytuacji obecnej. Dlatego też wskazane byłoby, aby nadbudowie koron bystrzy materiałem pochodzącym z rozbiórki ostróg towarzyszyło sztuczne poszerzenie koryta, które zapewniłoby, że nie dojdzie do zmniejszenia jego pojemności, lecz jedynie kompensacji mniejszej głębokości większą szerokością przekroju przepływowego. W wyniku głębokiego wcięcia się Wisły poniżej stopnia Przewóz osady korytowe (żwiry) stanowią zdecydowaną większość profilu brzegowego. Poszerzenie koryta wiązałoby się zatem z pozyskaniem znacznych objętości materiału żwirowego – część tego materiału, w przedziale 30-50%, mogłaby zostać wykorzystana do wprowadzenia do koryta i nadbudowy jego dna, natomiast pozostała część mogłaby zostać pozyskana jako kruszywo budowlane, zysk ze sprzedaży którego znacząco obniżyłby wynikowy koszt robót związanych z poszerzeniem koryta.

Do znacznego wcięcia się górnej Wisły doszło w XX wieku na znacznym odcinku rzeki, sięgającym ujścia Wisłoki. **Natychmiastowe zaniechanie dalszego usuwania materiału dennego z Wisły i jej dopływów (nie wykluczające pogłębiania drogi żeglugowej górnej Wisły, jednak przy konieczności ponownego wprowadzania wydobytego materiału poniżej stopnia Przewóz) ma zatem kluczowe znaczenie dla powstrzymania dalszych niekorzystnych zmian koryta Wisły na znacznej długości jej biegu. Natomiast dla przywrócenia stateczności stopnia Przewóz wystarczające byłoby – oprócz zapewnienia dostawy rumowiska**

dennego z wyższego biegu Wisły – przeprowadzenie wskazanych powyżej działań w korycie rzeki na odcinku 3-5 km poniżej tego stopnia.

Jednym ze wskazywanych uzasadnień dla budowy stopnia Niepołomice jest potrzeba poprawy stosunków wodnych na obszarze Puszczy Niepołomickiej, które uległy pogorszeniu w wyniku znacznego wcięcia się Wisły w XX wieku i wywołanego tym obniżenia się zwierciadła wód gruntowych na obszarach przyległych do rzeki. Tymczasem stopień Niepołomice ma być zlokalizowany w odcinku Wisły odpowiadającym zachodniemu krańcowi Puszczy, w związku z tym podpiętrzenie wód Wisły przez ten stopień będzie miało miejsce na zachód od Puszczy Niepołomickiej i nie spowoduje podniesienia zwierciadła wód gruntowych na jej terenie. Wręcz przeciwnie, uzasadnione jest przypuszczenie, że poniżej stopnia dojdzie do dalszego obniżenia się dna koryta Wisły i obniżenia zwierciadła wody w rzece, a w ślad za tym do dalszego drenowania wód gruntowych z terenu puszczy do koryta Wisły.



Rys. 19. Wyróżnione części całkowitej objętości koryta Wisły pomiędzy stopniem Przewóz i stopniem Niepołomice: 1 – część całkowitej pojemności koryta trwale wypełnioną wodą przy średnich stanach w sytuacji braku obecności stopnia, która nie bierze udziału w retencjonowaniu objętości fal wezbraniowych w warunkach braku zabudowy rzeki stopniami; 2 – część całkowitej pojemności koryta, która byłaby trwale wypełniona wodą w sytuacji piętrzenia wody w rzece przez stopień i nie brałaby udziału w retencjonowaniu objętości fal wezbraniowych po wybudowaniu stopnia; 3 – część całkowitej pojemności koryta powyżej poziomu piętrzenia na stopniu, określająca wielkość retencji korytowej pozostałą po wybudowaniu stopnia.

Spiętrzenie rzeki stopniem wodnym powoduje trwałe wypełnienie wodą określonej objętości koryta rzecznego – bezpośrednio powyżej stopnia trwale wypełniona wodą jest niemal cała głębokość koryta. Obliczenia wykazały, iż na odcinku o długości 12750 m pomiędzy stopniami Przewóz i Niepołomice obecna objętość retencji korytowej wód powodziowych wynosi 4,219 mln m^3. Po spiętrzeniu rzeki stopniem Niepołomice pozostała objętość retencji korytowej będzie tu wynosić 1,805 mln m^3. Strata retencji korytowej wód powodziowych będąca efektem budowy stopnia będzie zatem wynosić 2,414 mln m^3 wody, tj. 57% obecnej objętości retencji korytowej. Należy pamiętać, że byłaby to kolejna utracona objętość retencji korytowej górnej Wisły, dodająca się do wcześniejszych strat tej retencji spowodowanych piętrzeniem wód rzeki przez sześć zlokalizowanych wyżej stopni. Opisaną sytuację przedstawiono na rys. 19.

3.5. Koncepcja udrożnienia małopolskiej Wisły

Górna Wisła na odcinku od źródeł do ujścia rzeki Sanny (Małopolski Przełom Wisły) przegrodzona jest wieloma budowlami hydrotechnicznymi stanowiącymi bariery dla migracji organizmów wodnych, w tym zwłaszcza dla ichtiofauny. Niemożliwe do pokonania dla wszystkich gatunków ryb i powodujące trwałą fragmentację koryta Wisły są zapory zbiorników wodnych w Wiśle Czarne i Goczałkowicach, całkowicie odcinające część źródliskową Wisły oraz stopnie drogi wodnej górnej Wisły. W przeszłości, przed rozpoczęciem masowego przegradzania rzek, ekosystem małopolskiej Wisły kształtowany był przez warunki środowiskowe oraz wymianę gatunków pomiędzy Wisłą, a starorzeczami znajdującymi się na terasie zalewowej i przyujściowymi odcinkami bezpośrednich dopływów. Przedstawiciele rodzimej ichtiofauny przemieszczali się swobodnie w granicach zlewni, co zapewniało różnorodność gatunkową i obfitość rybostanu. Budowa poprzecznych przegród w konsekwencji doprowadziła do spadku bioróżnorodności ichtiofauny i drastycznego obniżenia produktywności rybostanu małopolskiej Wisły. Warunkiem skutecznej rewitalizacji koryta Wisły na tym odcinku jest przywrócenie łączności ekologicznej poprzez modernizację istniejących lub budowę nowych przepławek dla ryb na zlokalizowanych tu stopniach górnej Wisły. Urządzenia do migracji ryb nie są w stanie zapewnić pełnej, porównywalnej z warunkami naturalnymi, łączności pomiędzy poszczególnymi populacjami i zgrupowaniami ryb bytujących w kaskadzie górnej Wisły. Pozwolą natomiast na zmniejszenie tempa degradacji ichtiofauny górnej Wisły oraz na poprawę potencjału ekologicznego wód Wisły i stanu ekologicznego wód dopływów Wisły.

Barierami skutecznie uniemożliwiającymi migrację w korycie Wisły małopolskiej są (rys. 1):

- **Stopień Dwory w km 4+940.** Wybudowany w 1976 roku, posiada hydroelektrownię na lewym brzegu o mocy 0,7 MW, nie wyposażony w urządzenie służące migracji ryb.
- **Stopień Smolice w km 21+220.** Wybudowany w 2002 roku, posiada hydroelektrownię na prawym brzegu o mocy 2,0 MW, nie wyposażony w urządzenie służące migracji ryb.
- **Stopień Łączany w km 38 +500.** Wybudowany w 1961 roku, posiada hydroelektrownię na lewym brzegu o mocy 2,5 MW i jako pierwszy od źródeł Wisły wyposażony w urządzenie służące migracji ryb w formie technicznej przepławki komorowej.
- **Stopień Kościuszko w km 66+400.** Wybudowany w 1996 roku stopień, w trakcie budowy, został wyposażony w techniczną przepławkę komorową dla ryb zlokalizowaną na prawym brzegu. Podczas budowy hydroelektrowni, zaistniała konieczność przebudowy przepławki dla ryb. w trakcie której niekompetentny projektant sprowadził przepławkę do poziomu atrapy.

- **Stopień Dąbie w km 80 +900.** Wybudowany w 1961 roku, posiada hydroelektrownię na prawym brzegu o mocy 2,5 MW oraz urządzenie służące migracji ryb w formie technicznej przepławki komorowej.
- **Stopień Przewóz w km 92+400.** Wybudowany w 1954 roku, posiada hydroelektrownię na prawym brzegu o mocy 2,9 MW oraz urządzenie służące migracji ryb w formie technicznej przepławki komorowej.

3.5.1. Wymagania migracyjne ichtiofauny

Na podstawie znaczenia przyrodniczego oraz gospodarczego gatunków ryb bytujących w Wiśle małopolskiej, które potencjalnie mogą korzystać z urządzeń służących migracji ryb budowanych lub modernizowanych przy stopniach wodnych kaskady górnej Wisły, można wyróżnić gatunki kluczowe (*target species*) i gatunki towarzyszące. Gatunki kluczowe to przede wszystkim gatunki dwuśrodowiskowe, wędrowne gatunki jednośrodowiskowe „naturowe" z załącznika II i IV Dyrektywy Siedliskowej oraz gatunki chronione z załącznika nr 1 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 12 października 2011 r. (Dz.U. z 2011 nr 237 poz. 1419) w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt. Gatunki towarzyszące to rodzime gatunki niezbędne do prawidłowego funkcjonowania ekosystemu i posiadające istotne znaczenie przyrodnicze lub gospodarcze (wędkarskie). Zakładana efektywność poszczególnych urządzeń służących migracji ryb dla kluczowych wędrownych dwuśrodowiskowych i jednośrodowiskowych gatunków ryb - powinna być minimum dobra, co oznacza, że ponad 95% ryb musi pokonać urządzenie w czasie nie dłuższym niż kilka godzin, zaś dla gatunków towarzyszących – co najmniej dostateczna, co oznacza, że ponad 70% podejmujących wędrówkę ryb musi pokonać urządzenie w czasie nie dłuższym niż kilka dni. Założona efektywność musi być bezwarunkowo dotrzymana w okresach wędrówek podejmowanych przez te organizmy.

Do zespołu kluczowych gatunków ryb zaliczono:

- gatunki dwuśrodowiskowe (jesiotr, łosoś, troć wędrowna, certa, węgorz);
- gatunki jednośrodowiskowe daleko wędrujące (pstrąg potokowy, brzana, świnka, kleń, boleń, jaź, płoć, leszcz, okoń, szczupak, miętus);

a do zespołu gatunków towarzyszących zaliczono:

- gatunki jednośrodowiskowe „naturowe" i chronione (kiełb białopłetwy, różanka, piskorz, koza, śliz);
- gatunki jednośrodowiskowe blisko wędrujące posiadające znaczenie gospodarcze (jelec, sum europejski, lin, karaś pospolity, krąp).

W tabeli 3 (poniżej) podano podstawowe informacje o wybranych gatunkach ryb, bytujących w wodach Wisły małopolskiej.

Tab. 3. Terminy jednokierunkowych w górę (↑) i w dół (↓) rzeki i dwukierunkowych (↕) migracji ryb, migrujące stadia wiekowe oraz maksymalne rozmiary ryb i maksymalne prędkości prądu wody pokonywane przez poszczególne gatunki. Szare tło oznacza okresy nasilonych migracji tarłowych.

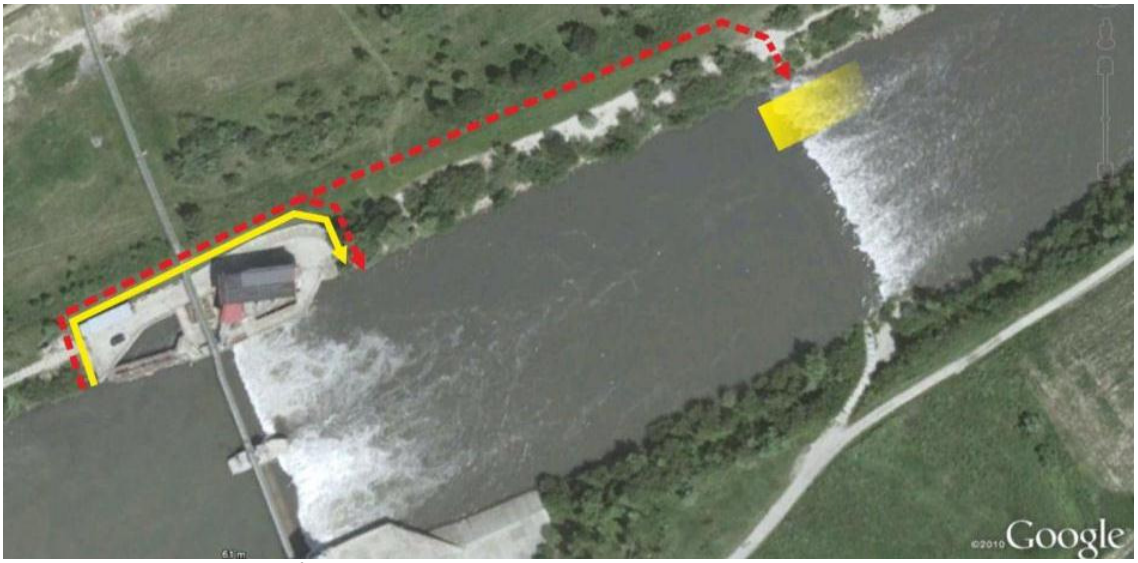
Lista gatunków	*terminy migracji - miesiące*												*migrujące stadium wieku*	*max długość [cm]*	*max prędkość wody pokonywana przez gatunek [m/s]*
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*			
jesiotr				↑	↑	↑	↑	↑					*tarlak*	*300*	*0,90 - 1,50 (2,50)*
							↓	↓					*po tarle*		
								↓	↓	↓	↓		*narybek*		
łosoś	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	*tarlak*	*145*	*1,30 - 3,20 (6,00)*
	↓	↓	↓									↓	*kelt*		
			↓	↓	↓	↓							*smolt*		
kiełb białopłetwy				↕	↕	↕							*wszystkie*	*11*	*0,20 – 0,50*
boleń			↑	↕	↕	↕				↓	↓		*wszystkie*	*100*	*0,70 – 1,50*
różanka				↕	↕	↕	↕						*wszystkie*	*10*	*0,20 – 0,50*
koza				↕	↕	↕	↕						*wszystkie*	*13*	*0,20 – 0,50*
troć wędrowna	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	*tarlak*	*110*	*0,95 - 2,95 (4,00)*
	↓	↓	↓									↓	*kelt*		
			↓	↓	↓	↓							*smolt*		
certa								↑	↑	↑	↑	↑	*tarlak*	*40*	*0,50 - 1,50 (3,30)*
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	*po tarle*		
								↓	↓				*narybek*		
węgorz			↓	↓			↓	↓	↓	↓			*tarlak*	*100*	*0,40 – 0,80*
						↑	↑	↑	↑				*narybek*		
brzana			↑	↑	↕	↕	↓						*wszystkie*	*100*	*0,70 – 1,50*
świnka			↑	↑	↕	↓							*wszystkie*	*50*	*0,60 – 1,30*
kleń			↑	↑	↕	↕	↓						*wszystkie*	*50*	*0,70 - 1,70 (4,00)*
Jaź			↑	↑	↕	↕	↓						*wszystkie*	*70*	*0,60 – 1,50*
szczupak			↑	↑	↕	↕	↓						*wszystkie*	*100*	*0,20 – 0,80*
płoć				↑	↕	↓							*wszystkie*	*30*	*0,40 – 1,30*
leszcz				↑	↕	↓							*wszystkie*	*50*	*0,50 – 1,30*
okoń				↑	↕	↕	↕						*wszystkie*	*30*	*0,40 – 1,40*
miętus		↓	↓	↓					↑	↑	↑	↑	*wszystkie*	*60*	*0,30 – 0,50*
sum europejski				↑	↕	↕	↕	↓	↓				*wszystkie*	*200*	*0,50 – 1,60*

Informacje zawarte w tabeli wskazują, że migracje ichtiofauny w kaskadzie górnej Wisły powinny odbywać się praktycznie przez cały rok oraz że nasilenie tych wędrówek będzie następować w okresie wiosennym od marca do czerwca i jesiennym od sierpnia do listopada.

3.5.2. Proponowane rozwiązania udrożnienia poszczególnych stopni górnej Wisły

Stopień Dwory w km 4+940 rzeki Wisły

W celu przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Dwory należy w I etapie na lewym brzegu rzeki przy elektrowni wodnej zaprojektować i wybudować urządzenie służące migracji ryb. Przeanalizowano łącznie 4 warianty wykonania przepławek (rys. 20).



Rys. 20. Udrożnienie jazu Dwory. Żółtą ciągłą linią ze strzałką i żółtym prostokątem zaznaczono odpowiednio przebieg przepławek i lokalizację bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami w wariantach 1 i 3, a czerwonymi przerywanymi liniami ze strzałkami zaznaczono przebieg przepławek w wariantach 2 i 4 (Google Earth, 2014)

Fot. 1. Jaz Dwory, po lewej ujęcie wody MEW powyżej jazu po prawej dolne stanowisko jazu. Żółte strzałki wskazują wyjście/wlot wody (warianty 1, 2, 3, 4) oraz wejście/wylot wody (warianty 1, 3) z/do przepławki

Do realizacji w ramach wybrano wariant 1 - bystrotok kaskadowy regularny/obejście (rys. I. 2 załącznik 4) łączący górne stanowisko jazu Dwory powyżej ujęcia wody MEW z dolnym stanowiskiem jazu poniżej wylotu wody z turbin MEW (fot. 1) o następujących parametrach:

– przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien mieścić się w granicach przepływu nienaruszalnego i wynosić 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 1,65 m^3/s;

- całkowita długość przepławki wynosi ok. 115 m, a różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu wynosi 3,5 m;
- rozmiary basenów określone zostały na bazie są kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza powinny wynosić: długość - 3,60 m, szerokość - 2,40 m, głębokość basenów - 1,50 m, łączna maksymalna szerokość szczelin pomiędzy basenami 0,80 m;
- liczba basenów przepławki 32, spad pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki - 0,11 m;

Dla uzyskania dobrej efektywności działania przepławki należy przebudować część progu podpierającego/podpiętrzającego wodę na dolnym stanowisku jazu Dwory w formie bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami (rys. I. 1 załącznik 4) oraz ze względu na znaczne wahania poziomu wody górnej (2,10 m) należy na wlocie wody do przepławki przewidzieć sekcję sterującą (rys. IV.1 załącznik 4).

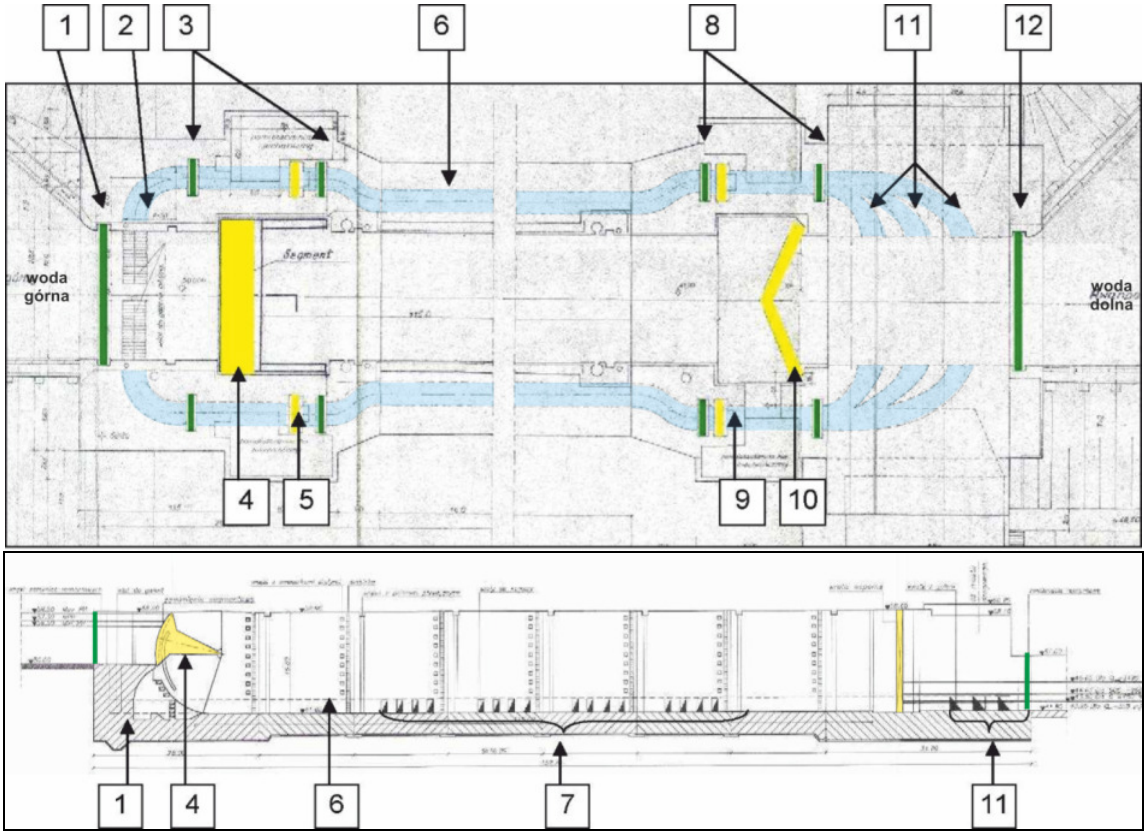
Zaletą wybranego wariantu „bliskiego naturze" jest nieregularna linia brzegów i zmienna głębokość kanału przepławki zapewniająca dobre warunki bytowania i możliwości dwukierunkowej migracji wszystkich gatunków ryb. Przebudowa progu podpierającego jaz Dwory zapewni trwałość proponowanego rozwiązania i zabezpieczy przepławkę przed skutkami erozji dna Wisły poniżej jazu w Dworach.

II etap przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego budowlami węzła Dwory powinien polegać na modernizacji śluzy żeglugowej (fot. 2).

Fot. 2. Śluza żeglugowa w Dworach, widok w górę rzeki. Żółte strzałki wskazują położenie zamknięć śluzy.

Śluza żeglugowa zmodernizowana pod kątem migracji ryb może być wykorzystana jako urządzenie dodatkowe (jak w przypadku obocznych kanałów żeglugowych przy stopniach Dwory lub Smolice) albo funkcjonować jako nowe (samodzielne) urządzenie migracji ryb w istniejących obiektach, przy założeniu ich odpowiedniego zaprojektowania i użytkowania. Podczas typowej pracy śluzy żeglugowej prędkość prądu wody zapewniająca

wymagany prąd wabiący ryby występuje w momencie opróżniania śluzy, lecz okres jego trwania jest zbyt krótki dla zwabienia ryb do komory śluzowania. Doświadczenia w tym zakresie (Roche i in., 2007 r.; Bailey i in., 2004 r.) dowodzą, że warunkiem poprawnego działania śluzy jako przepławki dla ryb jest zapewnienie w dolnym kanale śluzy, silnego i wyczuwalnego przez ryby prądu wabiącego. Sugerowane dla kaskady Górnej Wisły rozwiązanie techniczne może opierać się na koncepcji zaproponowanej przez CNR Engineering - Compagnie Nationale du Rhone dla śluzy żeglugowej przy zaporze we Włocławku[1]. Ogólny szkic koncepcji wykorzystania śluza jako przepławki dla ryb pokazano na rysunku 21.



Rys. 23. Schemat śluzy/przepławki we Włocławku do zastosowania w budowlach drogi wodnej Górnej Wisły

1. Górna zasuwa awaryjno-remontowa śluzy
2. Ujęcie wody do komory śluzowania
3. Zasuwy awaryjno-remontowe na wlocie wody
4. Górne wrota śluzy obrotowe
5. Zasuwy sterujące napełnianiem komory śluzowania
6. Kanał boczny doprowadzający wodę
7. Zasuwy łączące kanały boczne z komorą śluzowania
8. Zasuwy awaryjno-remontowe na wylocie wody
9. Zasuwy sterujące opróżnianiem komory śluzowania
10. Dolne wrota śluzy bramowe (wsporne)
11. Wylot wody z komory śluzowania
12. Dolna zasuwa awaryjno-remontowa śluzy

Dla zapewnienia odpowiedniego prądu wabiącego dla ryb wędrujących w górę rzeki należy częściowo lub całkowicie otworzyć zasuwy sterujące napełnianiem komory śluzowania (nr 5 na rys. 21) i otworzyć dolne wrota śluzy. Dla zapewnienia odpowiedniego prądu wabiącego dla ryb wędrujących w dół rzeki lub zachęcającego ryby wędrujące w górę rzeki do opuszczenia komory śluzowania należy częściowo lub całkowicie otworzyć zasuwy sterujące opróżnianiem komory śluzowania (nr 9 na rys. 21) i otworzyć górne

[1] Ray L., Level Y., Larinier M., 2011. CNR Engineering - Ekspertyza techniczna dotycząca wykorzystania śluzy żeglugowej we Włocławku jako przepławki dla ryb

wrota śluzy. Koncepcja zakłada pracę śluzy w sposób jakiego nie uwzględniono podczas jej projektowania, ponieważ w warunkach typowej eksploatacji zasuwy sterujące opróżnianiem lub napełnianiem komory śluzowania pozostają zamknięte, gdy dolne lub górne wrota śluzy są otwarte. Dla zabezpieczenia zasuw sterujących opróżnianiem lub napełnianiem komory śluzowania, w trakcie robót modernizacyjnych, zaleca się montaż w kanałach służących do opróżniania lub napełniania śluzy dodatkowych 8 zasuw awaryjno-remontowych po dwie na każdy kanał (nr 3 i nr 8 na rys. 21).

Stopień Smolice w km 21+220 rzeki Wisły

W I etapie przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Smolice należy na prawym brzegu rzeki przy elektrowni wodnej zaprojektować i wybudować urządzenie służące migracji ryb. Łącznie przeanalizowano 2 warianty (rys. 22).

Rys. 22. Udrożnienie jazu Smolice. Żółtą ciągłą linią ze strzałką i żółtym prostokątem zaznaczono przebieg przepławki w wariancie 1, a czerwoną przerywaną linią ze strzałkami zaznaczono przebieg przepławki w wariancie 2 (Google Earth, 2014)

Do realizacji wybrano wariant 2 - przepławka szczelinowa z galerią zbierającą (rys. II. 1, 2, V.1 załącznik 4) łącząca górne stanowisko jazu Smolice powyżej ujęcia wody MEW z dolnym stanowiskiem jazu poniżej wylotu wody z turbin MEW (fot. 3) o następujących parametrach:

- przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien mieścić się w granicach przepływu nienaruszalnego i wynosić 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 3,10 m^3/s, jednak ze względu na warunki hydrograficzne Wisły powyżej jazu w Smolicach i swobodny dostęp ichtiofauny do ujściowego odcinka rzeki Skawy uznano, że przepływ wody przez przepławkę można zmniejszyć do wartości ustalonej dla jazu Dwory tj. do 1,65 m^3/s;
- całkowita długość przepławki wynosi ok. 90 m, a różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu wynosi 3,5 m;
- maksymalne rozmiary basenów migracji określone na bazie są kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza powinny wynosić: długość - 3,60 m, szerokość - 2,40 m, głębokość basenów - 2,00 m, szerokość pionowych szczelin 0,60 m;
- liczba basenów przepławki 25, spad pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki - 0,14 m;

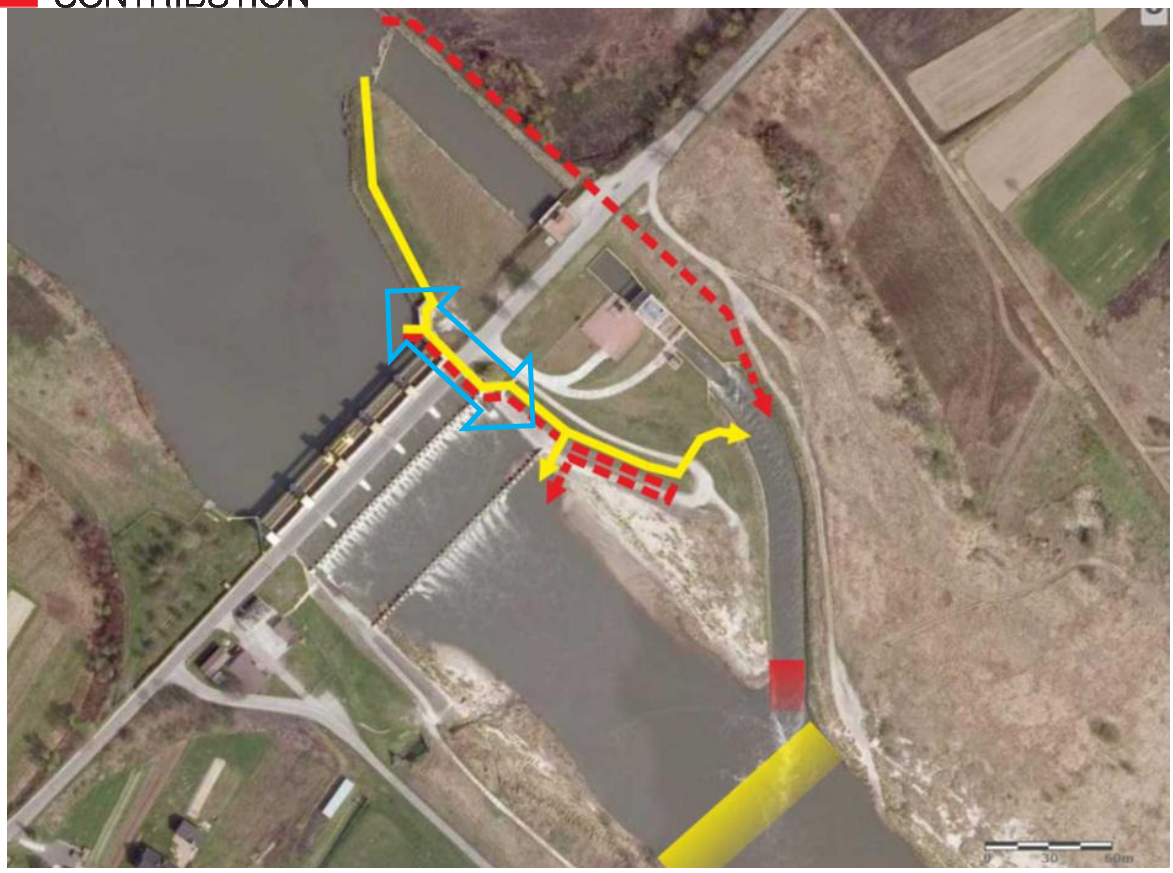
Fot. 3. Jaz Smolice, widok z lewego brzegu Wisły na wylot (po lewej) i wlot (po prawej) wody z/do MEW. Żółte strzałki wskazują wejście/wylot wody (wariant 1) oraz wyjście/wlot wody (warianty 1, 2) do/z przepławki, czerwona strzałka miejsce lokalizacji galerii zbierającej

Dla uzyskania dobrej efektywności działania przepławki, przy tak znacznych wahaniach poziomu wody górnej (2,10 m) należy na wlocie wody do przepławki przewidzieć sekcję sterującą (rys. IV.1 załącznik 4).

II etap przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego budowlami węzła Smolice powinien polegać na modernizacji śluzy żeglugowej w sposób opisany w podrodziale dot. udrożnienia jazu Dwory.

Stopień Łączany w km 38 +500 rzeki Wisły

Stopień w Łączanach jest jednym z najważniejszych do udrożnienia budowli Kaskady Górnej Wisły ponieważ blokuje dostęp ryb Skawy i Soły oraz jednym z najtrudniejszych, ze względu na silnie zmieniony reżim hydrologiczny odcinka Wisły wzdłuż kanału żeglugowo-energetycznego. Celem przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Łączany należy na lewym brzegu rzeki przy elektrowni wodnej zaprojektować i wybudować urządzenie służące migracji ryb. Dokonano analizy łącznie 2 wariantów (rys. 23).



Rys. 23. Udrożnienie jazu Łączany. Niebieska strzałka blokowa wskazuje lokalizację istniejącej przepławki, żółte linie ze strzałkami i żółty prostokąt trasę przepławki w wariancie 1, a czerwone przerywane linie ze strzałkami i czerwony prostokąt trasy przepławek w wariancie 2 (*http://mapy.geoportal.gov.pl/imap*)

Do realizacji wybrano wariant 1 – w skład którego wchodzą „techniczna" przepławka szczelinowa w środkowej części urządzenia (rys. II.1, 2 załącznik 4) oraz bliski naturze" bystrotok kaskadowy regularny/obejście (rys. I.2 załącznik 4) o całkowitej długości ok. 310 m w górnej i dolnej części urządzenia, z dwoma wlotami i dwoma wylotami wody, oraz dodatkowo „bliski naturze" bystrotok z regularnie rozmieszczonymi głazami (rys. I.1 załącznik 4), o następujących parametrach:

- przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien mieścić się w granicach przepływu nienaruszalnego i wynosić 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 3,00 m^3/s, jednak ze względu na przepływy Wisły poniżej jazu w Łączanach uznano, że przepływ wody przez przepławkę można zmniejszyć do wartości ustalonej dla jazów Dwory i Smolice tj. do 1,65 m^3/s;
- całkowita długość przepławki wynosi ok. 310 m, aktualna różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu wynosi 7,7 m (rzędna 207,70 m n.p.m); a maksymalna różnica poziomów wody górnym stanowiskiem jazu i dolnego kanału odprowadzającego wodę z MEW Łączany wyniesie ok. 7,4 m (rzędna wylotu kanału 208,00 m n.p.m);

- maksymalne rozmiary komór przepławki szczelinowej określone zostały na bazie wymagań kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza (tab. 11) i powinny wynosić: długość - 3,60 m, szerokość - 2,40 m i głębokość - 2,00 m oraz szerokość szczelin 0,60 m (zakładanej szerokości basenów prawdopodobnie nie uda się dotrzymać na odcinku biegnącym w przebudowanym kanale istniejącej przepławki komorowej);
- projektowany spadek pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki szczelinowej wynosi 0,14 m, minimalna liczba basenów przepławki przy różnicy poziomów 7,7 m pomiędzy wodą górną a dolną wynosi 55, a przy różnicy poziomów 7,4 m pomiędzy wodą górną a dolną wynosi 53, (przy długości przepławki 310 m jej górna część powyżej połączenia kanałów wlotów wody i dolna poniżej połączenia kanałów wylotów wody powinna być wykonana w formie bystrotoku kaskadowego regularnego/obejścia;
- parametry kanału bystrotoku/obejścia: szerokość - 2,40 m, głębokość kanału - 1,50 m, łączna maksymalna szerokość szczelin pomiędzy basenami 0,90 m, spadek jednostkowy kanału bystrotoku I = 5,0 < 10‰.

Warunkiem funkcjonowania opisanego powyżej rozwiązania jest wykonanie na całej szerokości koryta Wisły (poniżej kanału zrzutowego z MEW) progu podpiętrzającego w formie pochylni (rampy) z rzędną korony 208,00 wraz z **bystrotokiem z regularnie rozmieszczonymi głazami** umożliwiającym migracje ryb (rys. I.1 załącznik 4).

Stopień Kościuszko w km 66+400

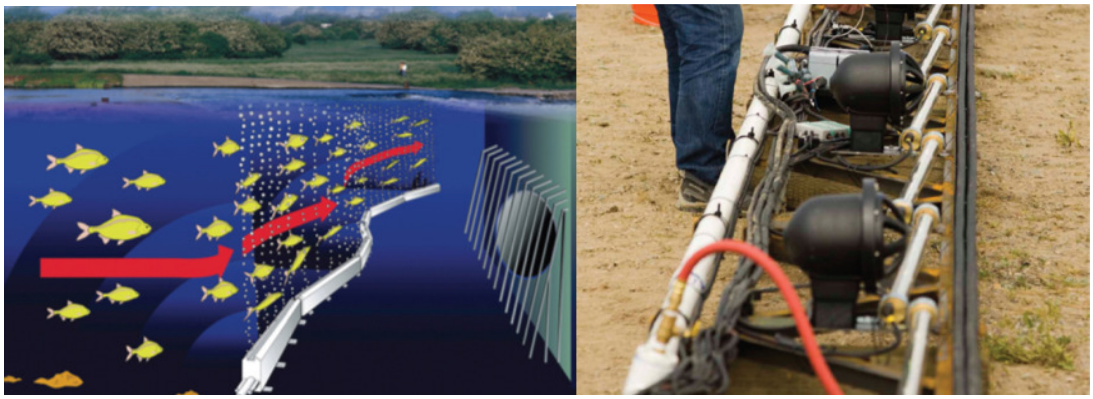
Przewrócenie warunków dla migracji ryb przy jazie Kościuszko należy przeprowadzić w dwóch etapach. I etap udrożnienia tego węzła wodnego polega na przebudowie/modernizacji istniejącej wadliwie funkcjonującej przepławki dla ryb i powinien być przystosowany do wymagań gatunków jednośrodowiskowych i dwuśrodowiskowych ryb , za wyjątkiem jesiotra ostronosego. W ramach II etapu przewrócenia warunków dla migracji ryb należy dokonać modernizacji śluzy żeglugowej pod kątem wymagań jesiotra wykorzystując sprawdzone rozwiązanie zastosowane na stopniu na rzece Rodan fr. Rhône w okolicach Avignion (Francja).

Wlot wody (1 m^3/s) do przepławki znajduje się przy prawym brzegu Wisły, po lewej stronie przedłużonego filaru oddzielającego jaz sektorowy od wlotu wody (10-100 m^3/s) do hydroelektrowni więc spływające ryby trafiają wprost do turbin MEW. Z kolei wejście do przepławki czyli wylot wody z przepławki, umieszczony został w kanale wylotu wody z turbin pod powierzchnią wody, w strumieniu dużo silniejszego prądu wody wypływającego z turbin elektrowni. Zastosowane rozwiązania nie dają więc rybom żadnych szans na pokonanie przepławki ani w górę ani w dół rzeki Wisły.

W celu przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Kościuszko należy, w I etapie przeprojektować oraz przebudować istniejącą przepławkę znajdującą się w przedłużonym filarze jazu sektorowego pomiędzy prawym sektorem jazu, a kanałem dostarczającym wodę do elektrowni. Możliwe są 2 warianty (rys. 24).

Rys. 24. Udrożnienie jazu Kościuszko. Niebieska strzałka blokowa wskazuje lokalizację istniejącej przepławki, żółta linia ze strzałkami trasę przepławki w wariancie 1, czerwona przerywania linia ze strzałkami trasę przepławki w wariancie 2, a żółta przerywana linia lokalizację bariery behawioralnej (Google Earth, 2014)

W obydwu wariantach należy zaprojektować i wykonać: dodatkowy rurociąg wody wabiącej i jego wylot wprowadzić do pierwszej od dolnej wody (najniżej położonej) komory przepławki, w celu zwiększenia prądu wabiącego ryby do przepławki i poprawienia efektywności jej funkcjonowania oraz **zastosować bariery behawioralnej np. systemu BAFF** oprowadzającą migrujące w dół rzeki ryby przy wykorzystaniu kurtyny powietrznej i dźwięku generowanego przez hydrofony (fot. 4).

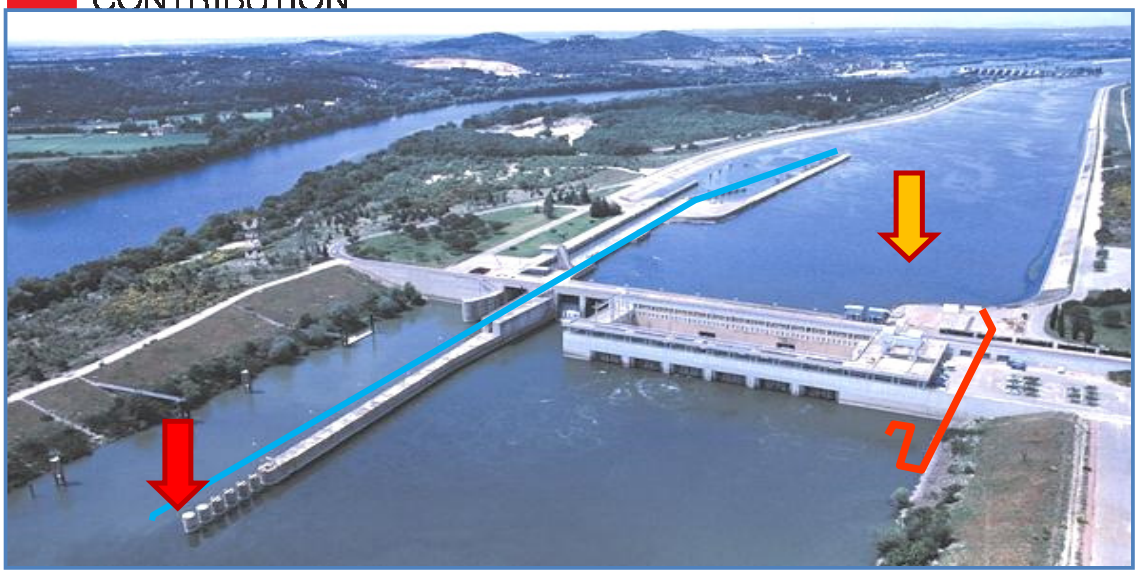


Fot. 4. Bariera behawioralna systemu BAFF, po lewej wizualizacja funkcjonowania bariery, po prawej eżektory powietrza i hydrofony na szynie montażowej. Internet: http://www.powermag.com/coal/CWA-316b-Update-Fish-Guidance-and-Protection_4050.html

Do realizacji wybrano wariant 1 – w skład którego wchodzi przepławka komorowa kaskadowa/ryglowa (rys. III.1 załącznik 4) pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Kościuszko, wykorzystująca wlot wody istniejącej przepławki, z ukośną barierę behawioralną na kanale doprowadzającym wodę do turbin MEW i zasilającym tor kajakarstwa górskiego, poprowadzona po trasie istniejącej przepławki (rys. 24), z wylotem wody ustawionym prostopadle do osi kanału zrzutowego MEW w formie galerii zbierającej (rys. V.1 załącznik 4), o następujących parametrach:

- przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien mieścić się w granicach przepływu nienaruszalnego i wynosić 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 5,00 m^3/s, ponieważ zmodernizowany kanał istniejącej przepławki pozwoli na przeprowadzenie przepływu wody w granicach 1,5-2,2 m^3/s należy zwiększyć prąd wabiący do 5,0 m^3/s poprzez wykonanie dodatkowego rurociągu wody wabiącej i wprowadzenie go do pierwszej od dolnej wody (najniżej położonej) komory przepławki;
- całkowita długość przepławki wynosi 131,54 m i wynika z konstrukcji przedłużonego filara jazu sektorowego, a aktualna różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu wynosi 4,5 m;
- maksymalne rozmiary basenów przepławki określone na bazie wymagań kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza powinny wynosić: długość - 3,60 m (w tym przypadku można uzyskać ok. 4,0 m), szerokość - 2,40 m (w dobudowanej części przepławki ok. 4 m) i głębokość ok. 1,50 m oraz łączna szerokość szczelin 0,80 m;
- projektowany spadek pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki powinien wynosić 0,14 m, a minimalna liczba basenów przepławki przy różnicy poziomów 4,5 m pomiędzy wodą górną i dolną 32;
- dodatkowa woda wabiąca w ilości 3,5 m^3/s doprowadzona grawitacyjnie rurociągiem biegnącym wewnątrz kanału przepławki.

Realizacja II etapu udrożnienia stopnia Kościuszko powinna być wdrożona po rozpoczęciu stałych zarybień dorzecza górnej Wisły jesiotrem ostronosym i polegać na modernizacji śluzy żeglugowej (rys. 25) w sposób opisany w podrozdziale udrożnienia jazu Dwory.

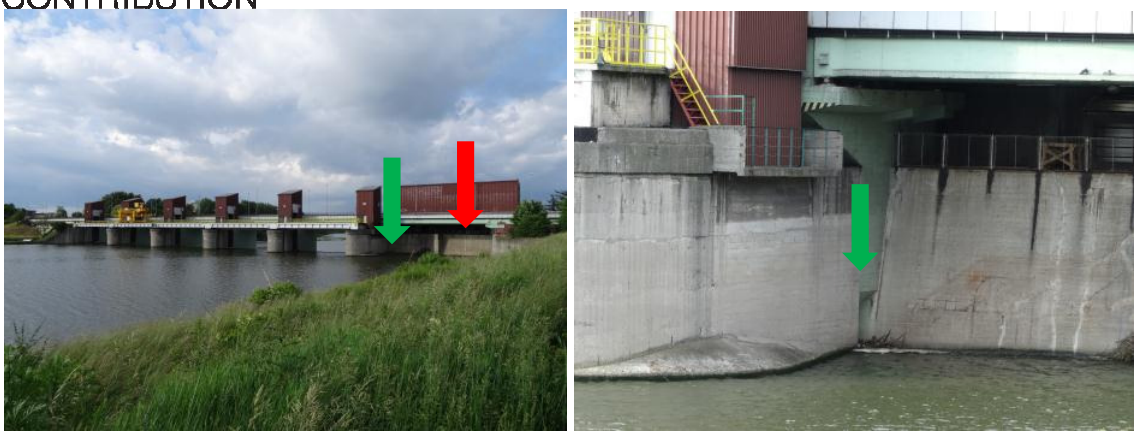


Rys. 25. Koncepcja udrożnienia stopnia w Beaucaire na rzece Rodan. po prawej lokalizacja „głównej" przepławki dla ryb, po lewej zmodernizowana śluza żeglugowa jako przepławka uzupełniająca.

Stopień Dąbie w km 80+875

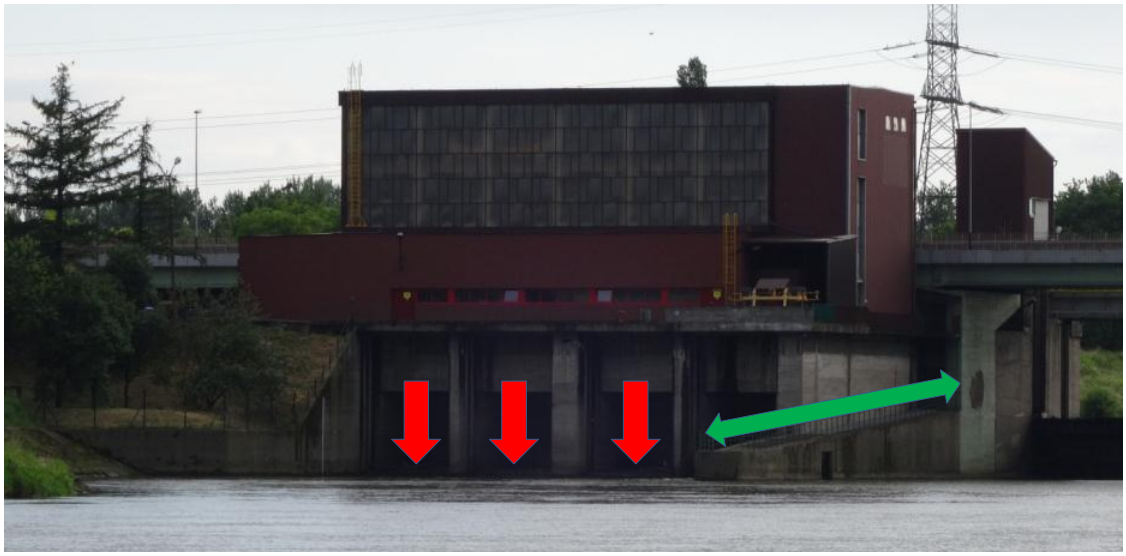
Przewrócenie warunków dla migracji ryb przy jazie Dąbie należy przeprowadzić w dwóch etapach. I etap udrożnienia tego węzła wodnego polega na przebudowie/modernizacji istniejącej wadliwie funkcjonującej przepławki dla ryb i powinien spełniać wymagania wymienionych w tab. 7 i tab. 8 gatunków ryb załącznika 4, za wyjątkiem jesiotra ostronosego. W ramach II etapu przewrócenia warunków dla migracji ryb należy dokonać modernizacji śluzy żeglugowej pod kątem wymagań jesiotra wykorzystując sprawdzone rozwiązanie zastosowane na stopniu na rzece Rodan fr. Rhône w okolicach Avignion (Francja).

Wlot wody (1 m^3/s) do istniejącej przepławki znajduje się przy prawym brzegu Wisły, po prawej stronie filaru przepławkowego oddzielającego jaz od wlotu wody na turbiny hydroelektrowni, więc wabione prądem wody (7-105 m^3/s) - spływające w dół rzeki - ryby trafiają wprost do turbin MEW (fot. 5).



Fot. 5. Stopień Dąbie, widok od górnej wody, po lewej - na jaz i hydroelektrownię (czerwona strzałka) oraz filar przepławki dla ryb (zielona strzałka), po prawej na wlot wody do przepławki (zielona strzałka).

Wejście ryb do istniejącej przepławki czyli wylot wody z przepławki, umieszczonej w filarze przepławkowym, został skierowany do kanału wylotu wody z turbin.



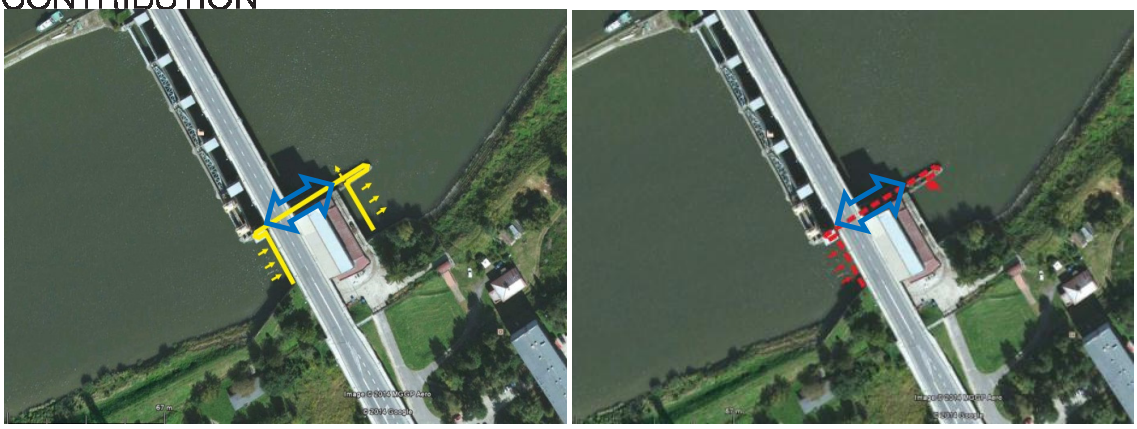
Fot. 6. Stopień Dąbie, widok z prawego brzegu na wyloty wody z hydroelektrowni (czerwona strzałka) i dolną część przepławki dla ryb (zielona strzałka)

Zastosowano tu rozwiązania poprawiające efektywność działania przepławki i pozwalające rybom, które trafiły pod jaz odnaleźć wejście do przepławki. Jedno to dodatkowa woda wabiąca dostarczana do pierwszej (od wody dolnej) komory przepławki, a drugie to przepust łączący wypad jazu i MEW. Na fot. 6 widać wyloty wody z turbin i filar przepławkowy, w którym znajduje się prostokątny otwór do przepustu. W trakcie pracy turbin następuje spiętrzenie wody w kanale zrzutowym MEW i część wody wypływa przez ten przepust do wypadu jazu wytwarzając prąd wabiący ryb do przepławki (fot.7).

Fot. 7. Stopień Dąbie, widok na dolny filar przepławki dla ryb i wylot wody z turbin hydroelektrowni oraz na dolną część przepławki dla ryb z wejściem do przepławki (zielona strzałka) i przepustem łączącym dolne stanowiska/wypady wody jazu i MEW (żółta strzałka)

Pomimo zastosowanych rozwiązań wyraźnie widać jak prąd wody wypływający z MEW tłumi prąd wabiący (fot.7) tak, że nie widać wody wypływającej z wejścia do przepławki. Być może jest to efekt wyłączenia zasilania rurociągu wody wabiącej. Ewidentnym minusem istniejącego układu hydraulicznego jest prostopadłe ukierunkowanie wylotu wody z przepławki (prawidłowe zawiera się pomiędzy kątami 30 – 45°) oraz znaczna turbulencja wody w rejonie wejścia do przepławki dezorientująca ryby. Jest ona nieszkodliwa dla ryb łososiowatych ale stanowi trudną do przebycia barierę dla narybku i dla ryb karpiowatych. Problemy migrującym rybom karpiowatym i stadiom młodocianym wszystkich gatunków ryb może sprawiać znaczna różnica wysokości pomiędzy komorami przepławki (0,25 m). Podana w instrukcji gospodarowania wodą prędkość przepływu wody w przepławce (1,44 –1,54 m/s) dotyczy prędkości średniej (prędkości maksymalne w przelewach pomiędzy komorami mogą przekraczać 2 m/s), która jest tolerowana dopiero przez osobniki o długości powyżej 15 cm.

W celu odtworzenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Dąbie dla wszystkich gatunków ryb należy, w I etapie przeprojektować oraz przebudować istniejącą przepławkę znajdującą się w filarze przepławkowym pomiędzy hydroelektrownią, a jazem Dąbie. Możliwe są 2 warianty (rys. 26).



Rys. 26. Stopień Dąbie. Niebieska strzałka blokowa wskazuje lokalizację istniejącej przepławki, żółta linia ze strzałkami trasę przepławki w wariancie 1, czerwona przerywania linia ze strzałkami trasę przepławki w wariancie 2 (Google Earth, 2014)

W obydwu wariantach należy zaprojektować i wykonać dodatkowy rurociąg wody wabiącej i jego wylot wprowadzić do galerii zbierającej lub do pierwszej od dolnej wody (najniżej położonej) komory przepławki, w celu zwiększenia prądu wabiącego ryby do przepławki i poprawienia efektywności jej funkcjonowania.

Do realizacji wybrano wariant 1 – w skład którego wchodzi przepławka komorowa kaskadowa/ryglowa pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Dąbie (rys. III.1 załącznik 4), z galerią zbierającą od górnej wody (rys. V.1 załącznik 4), wykorzystującą wlot wody do istniejącej przepławki oraz z galerią zbierającą od dolnej wody ustawioną prostopadle do osi kanału zrzutowego MEW z jednym wylotem wody skierowanym do wypadu jazu, o następujących parametrach (rys. 26):

- przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien wynosić 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 5,2 m^3/s, a ponieważ zmodernizowany kanał istniejącej przepławki pozwoli na przeprowadzenie przepływu wody w granicach 1,4 - 1,6 m^3/s, należy zwiększyć wabiący prąd wody poprzez wykonanie dodatkowego rurociągu wody wabiącej i wprowadzenie go do pierwszej od dolnej wody (najniżej położonej) komory przepławki tak, aby łączny przepływ wynosił 5,5 m^3/s;
- całkowita długość przepławki wynosi 71,80 m i wynika z konstrukcji filara jazu, a aktualna różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu wynosi 3,7 m;
- maksymalne rozmiary basenów przepławki określone na bazie wymagań kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza powinny wynosić: długość - 3,60 m, szerokość - 2,40 m (w tym przypadku, bez znacznej przebudowy przepławki można uzyskać wymiary 3,0 m i 2,0 m), głębokość ok. 1,50 m oraz łączna szerokość szczelin 0,70 m;
- projektowany spadek pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki powinien wynosić 0,14 m (w tym przypadku, bez znacznej przebudowy przepławki można uzyskać 0,15 m), a minimalna liczba basenów przy różnicy poziomów 3,7 m pomiędzy wodą górną i dolną wynosi 23;

– dodatkowa woda wabiąca w ilości 4,0 m^3/s doprowadzona grawitacyjnie rurociągiem biegnącym wewnątrz kanału przepławki do galerii zbierającej nad wylotem wody z MEW .

Realizacja II etapu udrożnienia stopnia Dąbie powinna być wdrożona po rozpoczęciu stałych zarybień dorzecza górnej Wisły jesiotrem ostronosym i polegać na modernizacji śluzy żeglugowej w sposób opisany w podrozdziałach dot. udrożnienia jazów Dwory oraz Kościuszko.

Stopień Przewóz w km 92 + 320

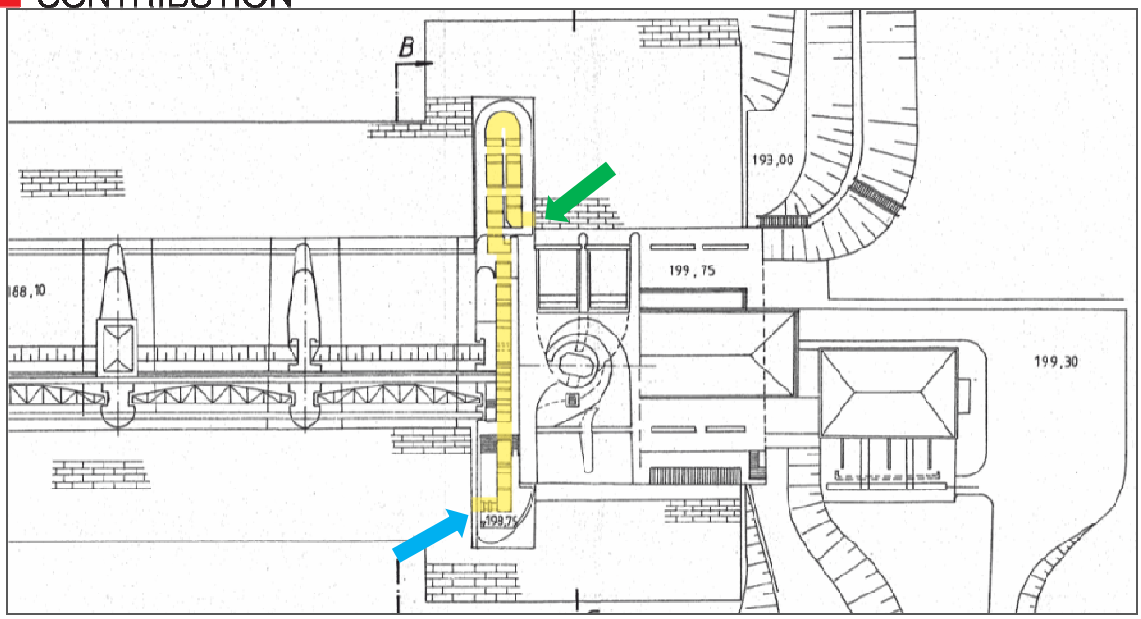
Przewrócenie warunków dla migracji ryb przy jazie Przewóz należy przeprowadzić w dwóch etapach. I etap udrożnienia tego węzła wodnego polega na przebudowie/modernizacji istniejącej wadliwie funkcjonującej przepławki dla ryb i powinien spełniać wymagania jednośrodowiskowych dwuśrodowiskowych gatunków ryb występujących w małopolskiej Wiśle, za wyjątkiem jesiotra ostronosego. W ramach II etapu przewrócenia warunków dla migracji ryb należy dokonać modernizacji śluzy żeglugowej pod kątem wymagań jesiotra wykorzystując sprawdzone rozwiązanie zastosowane na stopniu na rzece Rodan fr. Rhône w okolicach Avignion (Francja).

Wlot wody (1 m^3/s) do istniejącej przepławki znajduje się przy prawym brzegu Wisły, po lewej stronie filaru przepławkowego oddzielającego jaz od wlotu wody na turbiny hydroelektrowni. Powoduje to ,że wabione prądem wody MEW (przepływ 20 - 90 m^3/s) spływające w dół rzeki ryby trafiają wprost do turbin MEW (rys. 27).

Wejście ryb do istniejącej przepławki, czyli wylot wody z przepławki, został umieszczony w filarze przepławkowym i skierowany prostopadle do kanału wylotu wody z turbin. Przy takim układzie hydraulicznym prąd wody wypływający z przepławki jest skutecznie tłumiony przez prąd wody wypływającej z MEW.

Przy przepływach poniżej SSQ (99,0 m^3/s), prąd wabiący ryby do przepławki od wody górnej i od wody dolnej (1,0 m^3/s) jest około 90 razy słabszy niż prąd wody płynącej przez turbiny MEW.

Zastosowano tu co prawda rozwiązanie poprawiające efektywność działania tego urządzenia, w formie rurociągu dodatkowej wody wabiącej dostarczanej do pierwszej (od wody dolnej) komory przepławki, ale popełniono inne błędy, np. prostopadłe ukierunkowanie wylotu wody z przepławki (prawidłowe zawiera się pomiędzy kątami 30 – 45°) oraz lokalizację wejścia do przepławki w strefie turbulencji wody wypływającej z turbin. (fot. 8).



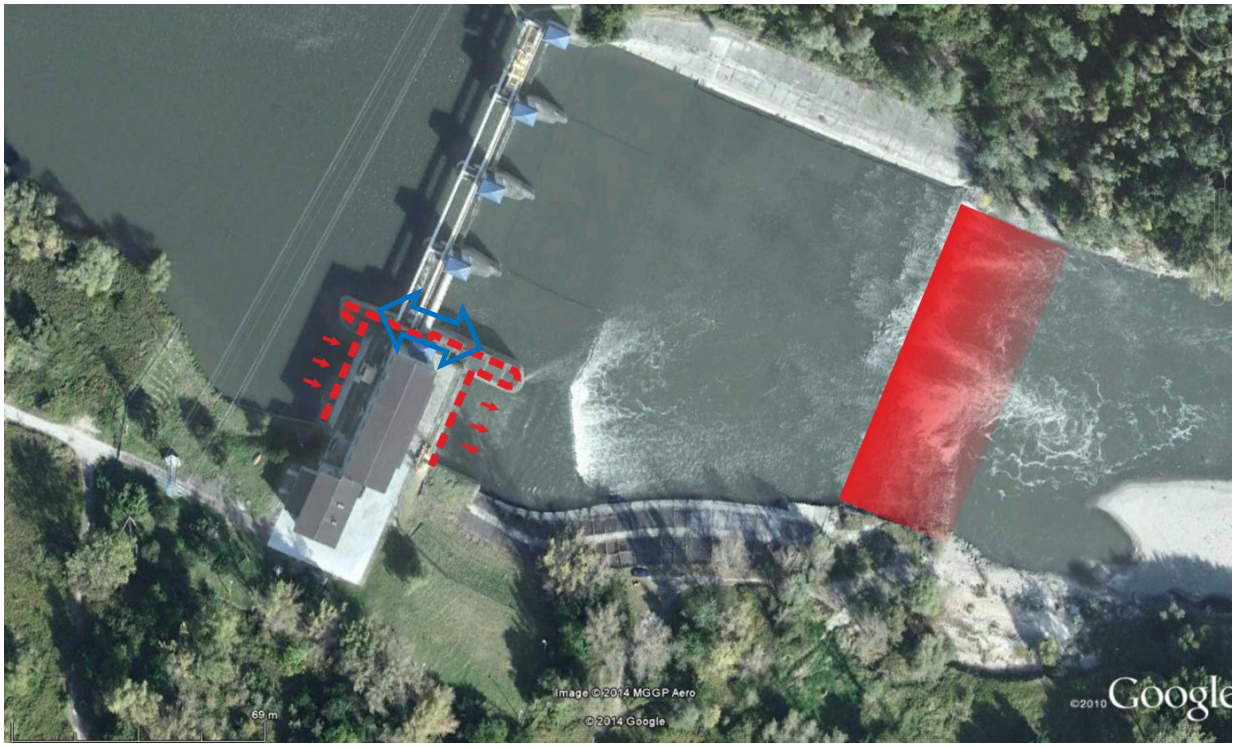
Rys. 27. Stopień Przewóz, przepławka dla ryb – widok z góry. Kanał przepławki zaznaczono na żółto, wlot wody (wyjście) do przepławki niebieską strzałką, a wylot wody (wejście) zieloną strzałką

Fot. 8. Stopień Przewóz, widok z prawego brzegu na dolne stanowisko hydroelektrowni i jazu. Zielonymi strzałkami zaznaczono wylot wody z przepławki dla ryb, czerwoną strzałką wyloty wody z MEW, a czarną strzałką barierę migracji na końcu umocnionego wypadu MEW

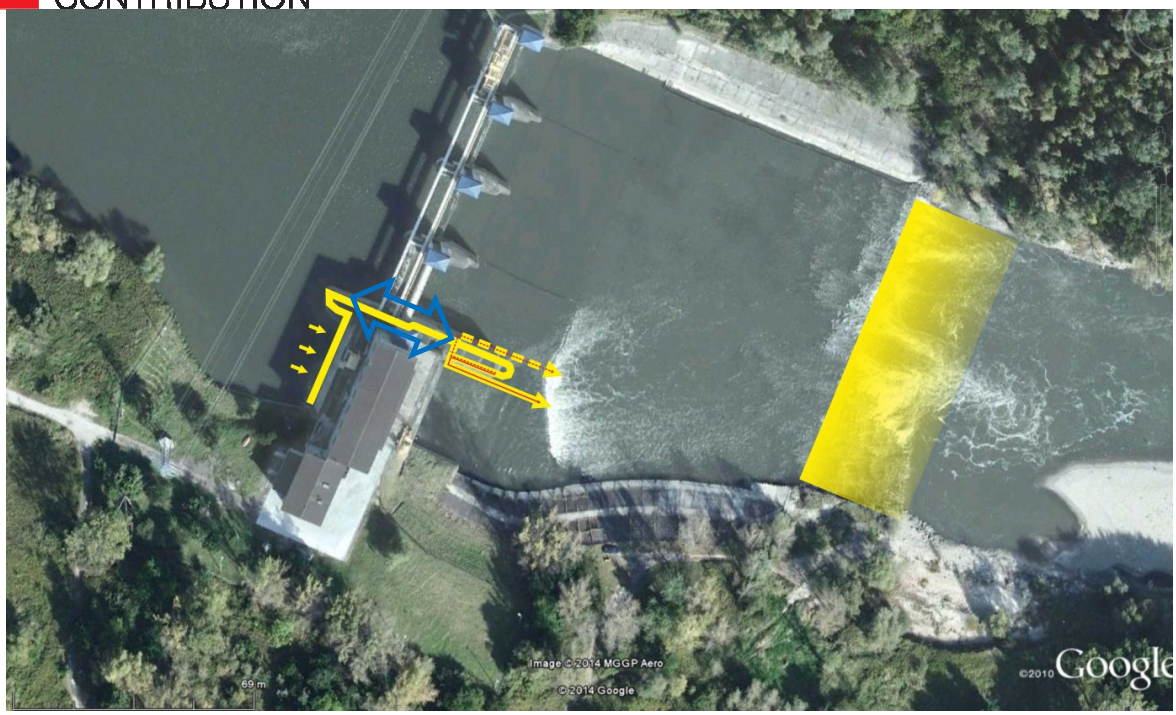
Niezbyt dobrze rozwiązano kwestię błądzenia ryb, które mogą trafią pod jaz, poza filar oddzielający wypad jazu od wypadu hydroelektrowni. Przy istniejącym układzie hydraulicznym nie mają one praktycznie szans na odnalezienie wejścia do przepławki. Sytuację migrujących w górę rzeki ryb pogarsza postępująca erozji koryta Wisły poniżej dolnego stanowiska, powodująca powstanie kolejnych barier migracyjnych: na końcu umocnionego wypadu z MEW (fot. 8) oraz na progu podpiętrzającym wodę na dolnym stanowisku.

Problemy migrującym rybom karpiowatym i stadiom młodocianym wszystkich gatunków ryb może sprawiać różnica wysokości pomiędzy komorami przepławki (0,25 m) oraz stosunkowo wysoka średnia prędkość przepływu wody w przepławce wynosząca 1,44 –1,54 m/s, por. podrozdział 3.6.1.

W celu odtworzenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Przewóz dla wszystkich gatunków ryb należy, w I etapie przeprojektować oraz przebudować istniejącą przepławkę znajdującą się w filarze przepławkowym pomiędzy hydroelektrownią, a jazem Przewóz. Przeanalizowano łącznie 2 warianty (rys. 28, 29).



Rys. 28. Stopień Przewóz. Niebieska strzałka blokowa wskazuje lokalizację istniejącej przepławki, czerwona przerywania linia ze strzałkami trasę przepławki w wariancie 1, a cieniowany czerwony prostokąt miejsce przeznaczonego do przebudowy progu podpiętrzającego dolne stanowisko jazu (Google Earth, 2014)



Rys. 29. Stopień Przewóz. Niebieska strzałka blokowa wskazuje lokalizację istniejącej przepławki, żółta linia ze strzałkami trasę przepławki w wariancie 2, a cieniowany żółty prostokąt miejsce przeznaczonego do przebudowy progu podpiętrzającego dolne stanowisko jazu (Google Earth, 2014)

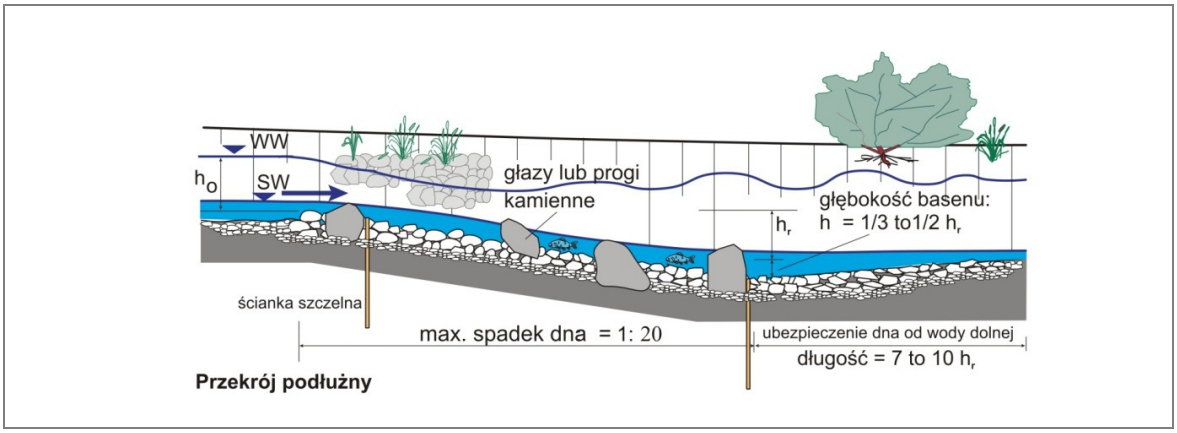
W obydwu wariantach należy zaprojektować i wykonać dodatkowy rurociąg wody wabiącej i jego wylot wprowadzić do galerii zbierającej lub do pierwszej od dolnej wody (najniżej położonej) komory przepławki, w celu zwiększenia prądu wabiącego ryby do przepławki i poprawienia efektywności jej funkcjonowania.

Do realizacji wybrano wariant 2 – w skład którego wchodzi przepławka komorowa dwuszczelinowa/jednoszczelinowa pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Przewóz (II.1,2 załącznik 4), z galerią zbierającą od górnej wody (rys. V.1 załącznik 4), ze zmienionym położeniem wlotu wody do istniejącej przepławki, z dwoma kanałami migracyjnymi od dolnej wody dolnej oraz stopniem bystrze podpiętrzającym wodę na dolnym stanowisku jazu, o następujących parametrach (rys. 29):

- przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien wynosić minimum 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 4,5 m^3/s, a ponieważ zmodernizowany kanał istniejącej przepławki pozwoli na przeprowadzenie przepływu wody w granicach 1,4 - 1,6 m^3/s, należy zwiększyć wabiący prąd wody do wartości 5,0 m^3/s, poprzez wykonanie dodatkowego rurociągu wody wabiącej i wprowadzenie go do pierwszej (najniżej położonej) komory przepławki;
- całkowita długość przepławki dwuszczelinowej lub jednoszczelinowej mieszczącej się filarze jazu wyniesie ok. 60 m (wybór typu i określenie dokładnej długości urządzenia będzie możliwe na etapie projektu technicznego), a długość każdego z kanałów migracyjnych ok. 24 m;

- zakładana różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem przepławki powinna wynosi 3,7 m (woda górna 195,30 m n.p.m., woda dolna 191,60 m n.p.m.), a różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu 5,1 m (woda górna 195,30 m n.p.m., woda dolna 190,20 m n.p.m.);
- maksymalne rozmiary basenów przepławki określone na bazie wymagań kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza (tab. 11) powinny wynosić: długość - 3,60 m, szerokość - 2,40 m (**dopuszczalne wymiary 3,0 m i 2,0 m**), głębokość ok. 1,50 m oraz łączna szerokość szczelin 0,70 m;
- projektowany spadek pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki powinien wynosić 0,14 m (**dopuszczalny spadek 0,15 m**), a minimalna liczba basenów przy różnicy poziomów 3,7 m pomiędzy wodą górną i dolną wynosi 23 (**istniejąca przepławka posiada 19 komór o spadku 0,25 m**);
- dodatkowa woda wabiąca w ilości 3,5 m^3/s doprowadzona grawitacyjnie rurociągiem biegnącym wewnątrz kanału przepławki do galerii zbierającej nad wylotem wody z MEW.

Dla skutecznej realizacji I etapu udrożnienia stopnia Przewóz należy zwiększyć liczbę komór przepławki o cztery komory, co oznacza konieczność wydłużenia filaru przepławkowego na dolnym stanowisku o ok. 6 m oraz przebudować próg podpiętrzający w formie stopnia bystrze z niecka wypadową i przeciwspadem ograniczającym erozję denną (rys. 30).



Rys. 30. Stopień bystrze z przeciwspadem, wg Gebler, 1990.

Realizacja II etapu udrożnienia stopnia Przewóz powinna być wdrożona po rozpoczęciu stałych zarybień dorzecza górnej Wisły jesiotrem ostronosym i polegać na modernizacji śluzy żeglugowej w sposób opisany w podrozdziałach dot. udrożnienia jazu Dwory jazu Kościuszko.

4. NAJWAŻNIEJSZE WNIOSKI

4.1. Regulacja górnej Wisły spowodowała znaczące zwiększenie częstotliwości występowanie katastrofalnych powodzi. Jest to skutkiem jednoczesnego oddziaływania kilku zaobserwowanych procesów:

- Zwężenie i skrócenie koryta w wyniku regulacji i obwałowania powoduje przyspieszenie postępu fali powodziowej. Jeżeli fala o tej samej objętości przemieszcza się szybciej, to rośnie przepływ maksymalny. Ilościowa analizę tego mechanizmu opisano w Załączniku 1 do niniejszego Raportu Końcowego. Wniosek powyższy dotyczy zarówno koryta Wisły jak i jej dopływów

- Przyspieszenie postępu fali w korycie Wisły sprzyja nakładaniu się kulminacji dopływów na kulminację Wisły.

- Zaobserwowano wywołane regulacją masowe odkładanie się rumowiska w terenie międzywala. Skutkuje to znaczącym zmniejszeniem przepustowości koryta wielkiej wody, a tym samym wzrostem maksymalnych rzędnych zwierciadła wody. Zjawisko to potęguje szybki porost roślinności w międzywalu pokrytym żyznymi namułami.

4.2. W opisanej sytuacji można przypuszczać, że rewitalizacja, w postaci wykorzystania niezabudowanych terenów w obwałowanej dolinie Wisły jako terenów zalewowych jest najskuteczniejszym sposobem ograniczenia szkód powodziowych. Problem ten jest wszechstronnie badany poprzez wykorzystanie technik symulacyjnych i jest szczegółowo opisany w Załączniku 2. Wyniki symulacji pozwalają postawić tezę, iż z punktu widzenie efektywności przeciwpowodziowej stworzenie systemu polderów jest stosunkowo tanim i najskuteczniejszym sposobem ograniczenia ryzyka powodzi. Z kolei mając na uwadze względy przyrodnicze lepszym i tańszym rozwiązaniem byłaby częściowa polderyzacja połączona z relokacją wybranych obwałowań.

4.3. Wykazano, że budowa kolejnego stopnia kaskady górnej Wisły (stopnia Niepołomice) uruchomi intensywną erozję koryta poniżej tego stopnia ze skutkami identycznymi do skutków regulacji tj. zwiększeniem ryzyka powodzi poniżej stopnia. Wykazano, że właściwym rozwiązaniem problemu erozji koryta poniżej stopnia Przewóz jest „dokarmianie rzeki" tj. dosypywanie poniżej stopnia rumowiska w ilości niezbędnej dla zachowania równowagi dna, przy jednoczesnym zaniechaniu eksploatacji żwirów z Soły i Skawy, a w dalszej perspektywie poszerzenie koryta Wisły z równoczesną nadbudową naturalnych bystrzy (przemiałów). Szczegółową analizę przedstawiono w Załączniku 3.

4.4. Zidentyfikowano budowle hydrotechniczne stanowiące niemożliwe do pokonania bariery fizyczne na trasie migracji ryb. W Załączniku 4 wskazano konkretne parametry projektowe jakim powinny

odpowiadać na poszczególnych stopniach wodnych przepławki i inne urządzenia pozwalające na migrację ryb, a także określono etapy udrożnienia stopni wodnych. Konieczność realizacji tych przedsięwzięć wynika z ustawodawstwa europejskiego i jest niezbędnym elementem rewitalizacji.