

WYDAWNICTWO SIGMA-NOT

GOSPODARKA WODNA

85 LAT

Cena brutto 32 zł, w tym 8% VAT
ISSN 0017-2448, e-ISSN 2449-9439

10
2020



KOLEGIUM REDAKCYJNE

Redaktor naczelny – prof. dr hab. inż. Jan Żelazo
Zastępca redaktora naczelnego – mgr Mateusz Balcerowicz
Redaktorzy działów: prof. dr hab. inż. Marian Granops,
dr hab. inż. Zbigniew Popek, dr hab. inż. Jan Winter,
dr Krzysztof Woś

Redaktor techniczny, korekta – Paweł Kowalski

Zdjęcie na I okł. Stopień Włocławek – śluza żeglugowa
Foto – Archiwum PGW Wody Polskie

RADA PROGRAMOWO-NAUKOWA

Przewodniczący – prof. dr hab. inż. Zbigniew Kledyński
Członkowie: prof. dr hab. Zygmunt Babiński, mgr inż. Leszek Bagiński,
prof. dr hab. inż. Kazimierz Banasik, prof. dr inż. Emilia Bednárová,
mgr inż. Mariusz Gajda, prof. dr hab. inż. Marek Gromiec,
mgr inż. Dariusz Groniek, mgr Dorota Jakuta, mgr inż. Beata Janowczyk,
prof. dr hab. Jerzy Jeznach, mgr inż. Marek Kaczmarczyk,
dr inż. Andrzej Kreft, doc. dr Andrzej Kryżanowski,
dr hab. inż. Jacek Kurnatowski, mgr inż. Leszek Magjera,
prof. dr hab. inż. Rafał Miłaszewski, prof. dr inż. Jerzy J. Niziński,
prof. dr hab. inż. Edward Pierzgałski, dr hab. inż. Paweł Popielski,
prof. inż. Jaromir Řiha, dr hab. inż. Waldemar Świdziński,
dr hab. inż. Tomasz Walczykiewicz

Honorowy członek – mgr inż. Janusz Kubiakowski

REDAKCJA:

ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa,
tel. 22 619-20-15, 601-318-462, fax: 22 619-21-87
e-mail: gospodarkawodna@sigma-not.pl
ISSN 0017-2448
e-ISSN 2449-9439

WYDAWCA:

Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych
SIGMA-NOT, Sp. z o.o.
ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa,
tel.: 22 818-09-18, 818-98-32, fax: 22 619-21-87
Internet: <http://www.sigma-not.pl>
e-mail: sekretariat@sigma-not.pl

PRENUMERATA

Zakład Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT
ul. Ku Wiśle 7, 00-707 Warszawa
tel. 22 840-30-86, tel./fax 22 840-35-89, 840-59-49, fax: 22 891-13-74
e-mail: prenumerata@sigma-not.pl
Nakład do 2000 egz.

Cena 1 egz. – 32 zł brutto, w tym 8% VAT

Cena prenumeraty rocznej PLUS na 2020 r. 504,00 zł brutto.

Prenumerata roczna w wersji papierowej 384,00 zł brutto
(+ 30 zł za koszty wysyłki).

OGŁOSZENIA I REKLAMY

przyjmują:
bezpośrednio redakcja (22 619-20-15, ul. Ratuszowa 11)
oraz Dział Reklamy i Marketingu (22 827-43-65, ul. Ratuszowa 11)
e-mail: reklama@sigma-not.pl

Redakcja i Wydawca nie ponoszą odpowiedzialności
za treść reklam i ogłoszeń.

Skład i druk: Drukarnia Wydawnictwa SIGMA-NOT Sp. z o.o.

Redakcja zastrzega sobie prawo skracania artykułów.

Materiałów niezamówionych nie zwracamy.
Artykuły są recenzowane.

Autor za publikację artykułu w czasopiśmie
„Gospodarka Wodna” otrzymuje 5 pkt.
zgodnie z rozporządzeniem MNiSW z dn. 22.02.2019 r.
w sprawie ewaluacji jakości działalności naukowej

GOSPODARKA WODNA

**ORGAN STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW WODNYCH
I MELIORACYJNYCH**

Nr 10 (862) październik 2020 r. Rok LXXX Rok założenia 1935

SPIS TREŚCI

wersja pierwotna papierowa

POTENCJAŁ DOLNEJ WISŁY

50-lecie SW Włocławek, 85-lecie *Gospodarki Wodnej* – konferencja naukowa II okł.

POTENCJAŁ GOSPODARCZY DOLNEJ WISŁY

Romuald Szymkiewicz – Potencjał gospodarczy
Wisły..... 2

Zygmunt Babiński, Michał Habel – 50 lat badań
erozji koryta Wisły poniżej Zbiornika Włocławskiego
wraz z prognozą na najbliższe lata..... 7

Krzysztof Wrzosek, Kacper Jurek, Małgorzata Górnik-Ziemkowska, Przemysław Sobiesak, Marcin Puchała – Stopień Wodny Siarzewo – lokalizacja i rozwiązania techniczne..... 13

Jan Haftka – Ocena możliwości energetycznego wykorzystania projektowanego Stopnia Wodnego Siarzewo na Wiśle..... 17

Grzegorz Chocian, Beata Gładkowska-Chocian – Stopień Wodny Siarzewo – projekt, który łączy potrzeby rozwoju z właściwymi działaniami kompensującymi potencjalnie negatywne oddziaływania na środowisko 22

Tomasz Kolarski, Krzysztof Wrzosek, Przemysław Sobiesak, Krzysztof Polak – Modelowanie matematyczne transportu lodu w rejonie projektowanego Stopnia Wodnego Siarzewo 31

Miesięcznik naukowo-techniczny poświęcony zagadnieniom gospodarki wodnej i ochrony środowiska. Omawia problematykę hydrologii, hydrauliki, hydrogeologii, zasobów wodnych, ich wykorzystania i ochrony, regulacji rzek, ochrony przed powodzią, dróg wodnych, hydroenergetyki i budownictwa wodnego oraz inne zagadnienia inżynierii wodnej.

r.
za
ry
m
ie.
fy
z
y
za
-
nq
ju
w
na
iej
je
e
ch
sz
je
tu
go
m
nie
ji
m
na
acu
ę
dal-
ćcom
Nisty.
kiego,
pracy
ej.
reślił
m.in.
jako
swoje
miej-
zonal
odna
rniku
str. 38

Stopień Wodny Siarzewo

– lokalizacja i rozwiązania techniczne

Siarzewo dam – location and technical solutions

Głównym celem planowanego stopnia Siarzewo jest zmniejszenie zagrożenia powodzią zatorowo-lodowymi i śrżowymi oraz zapewnienie trwałego bezpieczeństwa stopnia wodnego Włocławek, w wyniku podniesienia poziomu wody na dolnym stanowisku stopnia. Inwestycja umożliwi także realizację dodatkowego, bardzo ważnego celu – rozwoju żeglugi śródlądowej, jako zrównoważonego transportu, zgodnego z międzynarodową Konwencją AGN, którą Polska ratyfikowała w 2018 r. Przyjęte rozwiązania techniczne, znacznie różnią się od zastosowanych dla stopnia Włocławek, co zapewni, że Wisła nie zmieni swojego rzeczno-charakteru na odcinku pomiędzy stopniami. W proponowanej koncepcji przewidziano liczne rozwiązania i działania przyjazne środowisku.

Słowa kluczowe: stopień wodny Siarzewo, rozwiązania techniczne, ograniczenie zagrożenia środowiska

The main goal of the planned Siarzewo dam construction is to mitigate the risk of ice jam and slush ice floods and to ensure long-term security of the Włocławek dam, following increase of water level in the lower station of the dam. The investment will also enable achievement of an additional, very important objective – development of inland navigation as a form of sustainable transport, compliant with the international AGN Convention, ratified by Poland in 2018. The adopted technical solutions are significantly different from those used in Włocławek dam which will ensure that Vistula preserves its typical river character in the section between the dam. The proposed concept provides for numerous sustainable solutions and actions.

Key words: Siarzewo water dam, technical solution, environmental threat mitigation

CEL INWESTYCJI

Podstawowym zadaniem nowoprojektowanego stopnia wodnego (SW) jest ochrona przeciwpowodziowa terenów położonych poniżej Włocławka, w szczególności osłona przed zimowymi powodzią zatorowymi oraz zapewnienie bezpieczeństwa SW Włocławek. Ważnym argumentem jest również ochrona przed powodzią wywołanymi falami wezbraniowymi. Nowy stopień dzięki spiętrzeniu wód zatrzyma dalszą erozję wgłębną Wisły od strony wody dolnej istniejącego stopnia we Włocławku. SW Siarzewo pozwoli również przeciwdziałać obecnym, negatywnym zmianom klimatu, ograniczając skutki suszy. Nie bez znaczenia jest także osiągnięcie zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego Polski oraz produkcja „zielonej” energii, co przełoży się na wzrost udziału odnawialnych źródeł energii (OZE) w bilansie energetycznym państwa, przy jednoczesnej redukcji emisji CO₂ do atmosfery. Dodatkowo umożliwi utworzenie drogi wodnej dla żeglugi śródlądowej o parametrach minimum IV klasy¹⁾. Wszystkie wymienione cele wpisują się i realizują bardzo ważny cel, jakim jest rozwój żeglugi śródlądowej, jako zrównoważonego transportu, zgodnego z międzynarodową Konwencją AGN, którą Polska ratyfikowała w 2017 r.²⁾. Przedsięwzięcie to służy także zapewnieniu racjonalnego zarządzania zasobami wodnymi.

LOKALIZACJA I POTRZEBY

Dla określenia odpowiedniego przekroju nowego stopnia wodnego na Wiśle przeprowadzono analizę wielokryterialną [2]. Spośród 17 potencjalnych lokalizacji wyłoniono cztery, które spełniły kryteria wykluczające, ze względu na:

- powódzie zatorowe, lodowe i śrżowe, wywołane przez zjawiska lodowe na Wiśle,
- zagrożenie spowodowane wpływem spiętrzonych wód na złoża solanek na terenie uzdrowiska „Ciechocinek”,
- wpływ na poprawę bezpieczeństwa stopnia wodnego we Włocławku.

W grupie tej znalazły się lokalizacje stopni wodnych, którym przypisano nazwy: Przepust, Nieszawa, Siarzewo I i Siarzewo II. Poddano je analizie według czterech grup kryteriów przedstawionych w tab. I.

W wyniku analiz lokalizacja Siarzewo II uzyskała najlepszy wynik, wyprzedzając wariant Siarzewo, oraz lokalizację w Nieszawie (trzecia pozycja). Ostatnie miejsce w zestawieniu zajęła lokalizacja Przepust.

Tabela 1. Główne grupy kryteriów zastosowane w analizie lokalizacyjnej stopnia wodnego poniżej Włocławka

| TECHNICZNE | ŚRODOWISKOWE | EKONOMICZNE | SPOŁECZNE |
|--|---|---------------------------------|------------------------------------|
| Przeciwpowodziowość | Wpływ przedsięwzięcia na szatę roślinną i biotę grzybów | Produkcja energii elektrycznej | Połączenia drogowe |
| Redukcja zagrożeń spowodowanych powodzią lodowymi śrżowymi | Wpływ na awifaunę | IRR | Możliwość aktywizacji miejscowości |
| Droga wodna | Wpływ na środowisko wodne | NPV | Zgodność z planami strategicznymi |
| Warunki budowy | Wpływ przedsięwzięcia na środowisko lądowe | Nakłady w przeliczeniu na 1 GWh | Struktura własności gruntu |
| Warunki geologiczne, geotechniczne i hydrologiczne | Wpływ na archeologię i zabytki | – | Wpływ na krajobraz |

¹⁾ Dz.U. 2002 nr 77 poz. 695 Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 maja 2002 r. w sprawie klasyfikacji śródlądowych dróg wodnych.

²⁾ Dz.U. 2017 poz. 186 Ustawa o ratyfikacji europejskiego porozumienia w sprawie głównych śródlądowych dróg wodnych o znaczeniu międzynarodowym.

Dodatkowo wynik analizy wielokryterialnej sprawdzono przy użyciu metody programowania kompromisowego. Metoda ta wykazała, że najczęściej wskazań jest dla wariantu Siarzewo (103 scenariusze), następnie dla Siarzewo II (76 scenariuszy), kolejno dla Nieszawy (42 scenariusze) i dla Przepustu (22 scenariusze).

Ostatecznie, z uwagi na potrzebę ochrony wyspy Zielona Kępa jako najkorzystniejszą lokalizację wybrano – Siarzewo, zlokalizowane w ok. 706 + 500 km Wisły. Lokalizację projektowanego stopnia wodnego w Siarzewie przedstawiono na rys. 1.

ROZWIĄZANIA TECHNICZNE

Stopień Wodny Siarzewo, zlokalizowany w kilometrze ok. 706+500, będzie, po SW Włocławek, drugim stopniem dolnej Wisły. Chociaż jest projektowany jako stopień mogący pracować samodzielnie, to w przyszłości będzie mógł również stanowić niezbędny element tzw. Kaskady Dolnej Wisły. Wybudowanie stopnia zapewni, przy NPP 46,00 m n.p.m., możliwość utworzenia śródlądowej drogi wodnej minimum IV klasy żeglowności³⁾ oraz zwiększy bezpieczeństwo przeciwpowodziowe w dolinie Włocławsko-Ciechocińskiej. W skład projektowanego stopnia wodnego wchodzi m.in. następujące obiekty [3]:

- zapy boczne: Siarzewo (lewy brzeg), Nowogródek (prawy brzeg),
- jaz,
- elektrownia wodna,
- śluza bliźniacza, wyposażona we wrota pośrednie wraz z awanportami górnym i dolnym,
- przepławki dla ryb łososiowatych, ryb jesiotrowatych, węgorzy,
- koryto obejścia – przepławka o charakterze naturalnym.

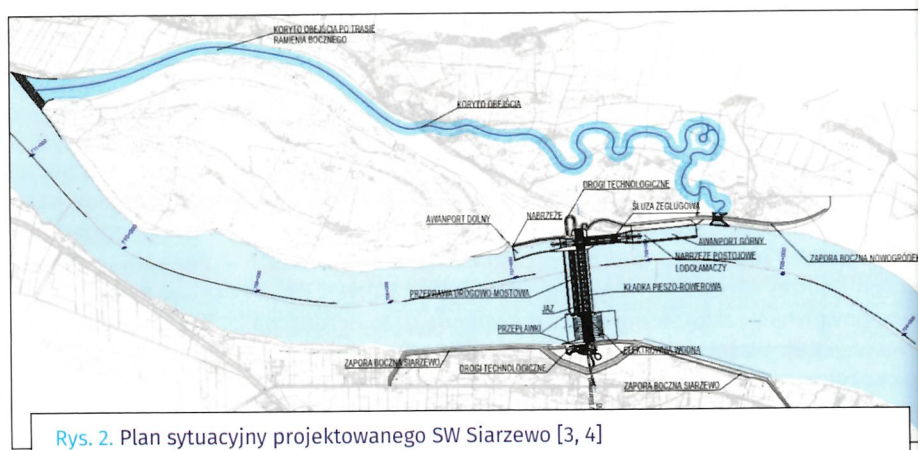
Kompozycję projektowanego Stopnia Wodnego Siarzewo przedstawiono na rys. 2.

Zapory boczne pozwalają na domknięcie prawego, jak i lewego nabrzeża, pozwalając tym samym na utrzymanie spiętrzonych wód w obrębie planowanego zbiornika wodnego o znacznie mniejszej powierzchni niż Zbiornik Włocławski. Zapory boczne przyległe do obiektów czołowych wykonane zostaną jako jednorodne zapory ziemne, o przekroju trapezowym i szerokości korony ok. 6 m. Nachylenie skarp od strony odwodnej będzie wynosiło 1:4, natomiast od strony odpowietrznej 1:3. Długość zapory bocznej Siarzewo wynosi ok. 1300 m przy wysokości ok. 7 m, natomiast zapora boczna Nowogródek przy podobnej wysokości będzie miała ok. 1500 m długości.

Jaz zlokalizowany jest w przekroju rzeki pomiędzy śluzą żegludową a elektrownią wodną. Na podstawie obliczeń hydraulicznych oraz

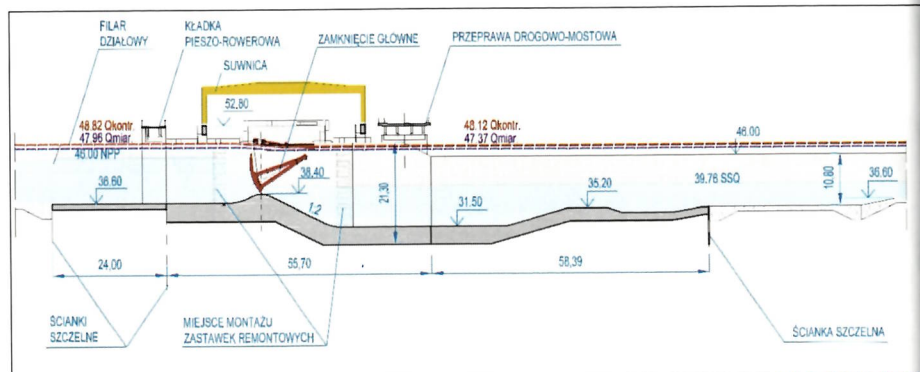


Rys. 1. Lokalizacja projektowanego SW Siarzewo [źródło: www.google.pl/maps]



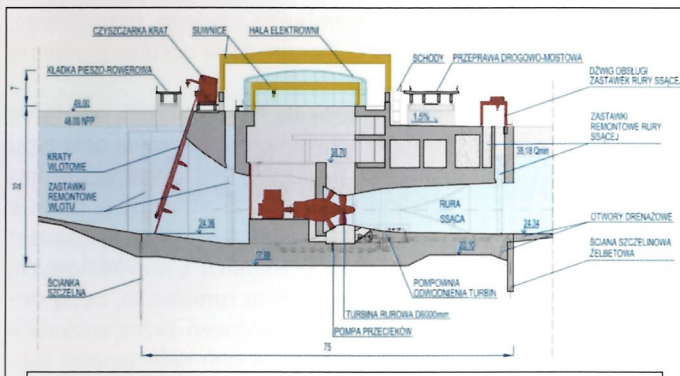
Rys. 2. Plan sytuacyjny projektowanego SW Siarzewo [3, 4]

warunków zawartych w decyzji środowiskowej przyjęto, że obiekt będzie posiadał 15 przesęt o świetle 25 m każde, co daje w sumie 375 m światła jazu, natomiast z uwzględnieniem przyczółków 490 m. Zamknięcia jazów zaprojektowano, jako segmentowe. Dzięki umieszczeniu na każdym segmencie ruchomej klapy będzie możliwe utrzymanie wysokości piętrzenia przy zmiennym objętościowym natężeniu przepływu oraz możliwość przepuszczania kry lodowej [1]. Zaprojektowany niski próg (Jambora) i praca zamknięć umożliwiają ruch ramowiska i niezakłócony przepływ wód powodziowych. Przekrój przez jaz przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Przekrój przez jaz projektowanego SW Siarzewo [3, 4]

³⁾ Dz.U. 2002 nr 77 poz. 695 Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 maja 2002 r. w sprawie klasyfikacji śródlądowych dróg wodnych.



Rys. 4. Przekrój przez turbozespół projektowanej elektrowni SW Siarzewo [3, 4]

Elektrownia wodna będzie zlokalizowana na lewym brzegu rzeki na przedłużeniu osi jazu. Aktualna koncepcja [3] przewiduje budowę ośmiu bloków wyposażonych w pierwszym etapie w sześć turbin Kaplan'a typu PIT o średnicy ok. 6 m. Planowany przepływ instalowany w elektrowni będzie wynosił $Q_{25d} = \max. 1800 \text{ m}^3/\text{s}$. Moc znamionowa hydrozespołu wynosi ok. 8,5-9,5 MW i będzie osiągana przy spadzie nominalnym netto 4,6 m. Zgodnie z koncepcją [3] wirnik rurowej turbiny Kaplan'a wyposażony jest w łopaty wykonane ze staliwa stopowego i kierownicę z 16 łopatami. Przed wlotem wody do elektrowni zaplanowano kraty służące do zatrzymywania większych zanieczyszczeń, które mogłyby przyczynić się do uszkodzenia turbiny. Pomiary różnic wody przed i za kratami pozwolą na bieżącą ocenę obciążenia krat. W przypadku różnicy poziomów wynoszącej ok. 0,3 m zostanie uruchomiona czyszczarka sterowana automatycznie lub ręcznie przez operatora. Przekrój przez turbozespół przedstawia rys. 4.

Śluzę żeglugową zaprojektowano jako komorową, bliźniaczą z napełnianiem przy pomocy długich kanałów obiegowych, z jednoczesną możliwością służowania kilku jednostek, co powoduje oszczędność wody. Parametry eksploatacyjne będą odpowiadać klasie Va⁴⁾. Długość śluzy ok. 190 m, natomiast szerokość każdej z komór w świetle

12 m. Zaproponowane rozwiązania techniczne pozwolą na utrzymanie minimalnej głębokości 4 m na progu górnym i dolnym.

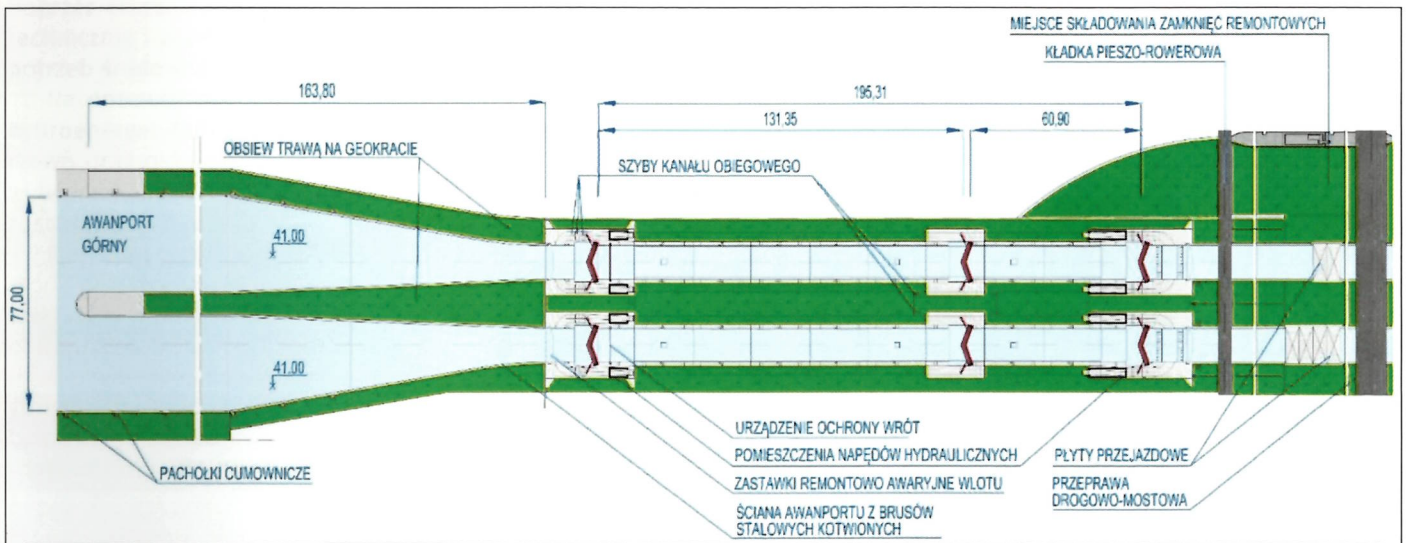
W celu zachowania ciągłości ekologicznej rzeki, dla ryb takich jak: łosoś atlantycki, troć, jesiotr bałtycki, certa, węgorz i minóg strumieniowy przewidziano 5-7 różnych przepławek takich, jak: – techniczne, koryto obejścia, koryto dla ryb migrujących w dół rzeki, przewody dla węgorzy.

Wizualizację projektowanego Stopnia Wodnego Siarzewo wraz z otoczeniem przedstawia rysunki 6 i 7 [5].

WNIOSKI

SW Siarzewo przyczyni się do ochrony przeciwpowodziowej terenów położonych poniżej Włocławka oraz do ustabilizowania zwierciadła wody w okresie suszy i do łagodzenia jej skutków. Zapewni, stabilizację poziomu wód gruntowych na odcinku cofki i retencję wody, tak ważną w warunkach dużej niepewności klimatycznej i możliwość jej alimentacji w okresach niedoboru. Budowa stopnia zapewni odpowiednie warunki pracy łodotamczom – zabezpieczenie przed zimowymi powodzią zatorowymi. Ponadto budowa SW Siarzewo wstrzyma proces erozji wgłębnej na odcinku między stopniami SW Włocławek a projektowanym SW Siarzewo, a tym samym poprawi bezpieczeństwo istniejącej zabudowy hydrotechnicznej oraz bezpieczeństwo obiektów inżynierskich we Włocławku m.in. mostu drogowego, bulwaru nadwiślańskiego, ujęcia wody zakładów azotowych oraz rurociągów biegnących pod dnem – w tym gazociągu Jamał-Europa. SW Siarzewo w pełni wpisuje się w europejski plan dostosowania Drogi Wodnej Wisły do międzynarodowej drogi wodnej E40, która ma połączyć Morze Bałtyckie z Morzem Czarnym, zapewniając warunki żeglugi minimum klasy IV, co jest zgodne z ratyfikowanym przez Polskę w 2017 r. Europejskim Porozumieniem w sprawie głównych śródlądowych dróg wodnych o znaczeniu międzynarodowym (w skrócie AGN)⁵⁾.

Przyjęte rozwiązania techniczne, znacząco różnią się od rozwiązań technicznych przyjętych dla SW Włocławek. Podstawowym założeniem, którym kierował się Inwestor było to, aby rzeka



Rys. 5. Rzut śluzy projektowanego SW Siarzewo [3, 4]

⁴⁾ Dz.U. 2002 nr 77 poz. 695 Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 maja 2002 r. w sprawie klasyfikacji śródlądowych dróg wodnych.

⁵⁾ Dz.U. 2017 poz. 1137 Europejskie Porozumienie w sprawie głównych śródlądowych dróg wodnych o znaczeniu międzynarodowym (AGN) sporządzone w Genewie dnia 19 stycznia 1996 r.



Rys. 6. Widok na projektowany SW Siarzewo z lewego brzegu Wisły [5]



Rys. 7. Widok na śluzę oraz koryto obejścia projektowanego SW Siarzewo [5]

Wisła nie zmieniła swojego, naturalnego, rzeczno-gospodarczego charakteru na odcinku pomiędzy stopniami.

Zastosowanie niskiego progu jazu (próg Jambora), turbin o osi poziomej oraz typu zamknięć, powoduje, że stopień wodny będzie stabilizował poziom wody w okresie przepływów średnich i niskich, natomiast przejścia wód wielkich i powodziowych, wraz z transportem rumowiska, będą odbywały się bez zakłóceń przez wszystkie obiekty stopnia, w tym całe światło jazu o szerokości 375 m, odpowiadającej aktualnej szerokości koryta Wisły w rozpatrywanym przekroju.

LITERATURA

- [1] Kolerski T. 2019. Modelowanie matematyczne dynamiki lodu na projektowanym zbiorniku Siarzewo oraz na rzece poniżej stopnia wodnego Siarzewo. Warszawa.
- [2] Materiały Grup Roboczych Projektu SW Siarzewo. 2019. Wielokryterialna analiza wariantów dla analizowanych lokalizacji i rozwiązań technicznych.
- [3] PGW Wody Polskie, Energa Invest. 2019. Budowa stopnia wodnego na Wiśle poniżej Włocławka. Lokalizacja: Siarzewo. Koncepcja programowo-przestrzenna.
- [4] PGW Wody Polskie, Wydział Studiów, Analiz i Projektowania Budownictwa Wodnego. 2020. Koncepcja Programowo-Przestrzenna Stopnia Wodnego Siarzewo. Seminarium Naukowo-Techniczne pn. Budowa stopnia wodnego na Wiśle poniżej Włocławka w lokalizacji Siarzewo, Warszawa, 04.03.2020.
- [5] PGW Wody Polskie, Wydział Studiów, Analiz i Projektowania Budownictwa Wodnego. 2020. Wizualizacja Stopnia Wodnego Siarzewo.

www.sigma-not.pl

Największa baza artykułów technicznych online!

TOMASZ KOLERSKI

Politechnika Gdańska

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

KRZYSZTOF WRZOSEK

Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie

Politechnika Warszawska

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

PRZEMYSŁAW SOBIESAK, KRZYSZTOF POLAK

Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie

Modelowanie matematyczne transportu lodu w rejonie projektowanego Stopnia Wodnego Siarzewo

Mathematical modelling of river ice transport in the area of the planned Siarzewo Barrage

Przedstawiono wpływ planowanego stopnia Siarzewo na Wiśle na dynamikę lodu w obszarze powyżej i poniżej stopnia. Do tego celu zaimplementowano model matematyczny i przeprowadzono symulacje numeryczne dla różnych scenariuszy. Obliczenia służyły do wyznaczenia trasy spływu lodu przez zbiornik i poniżej zbiornika oraz sił z jakimi lód będzie oddziaływał na brzegi i dno rzeki oraz projektowane na zbiorniku wyspy. Badaniami objęto odcinek Wisły pomiędzy istniejącym stopniem wodnym Włocławek (km 674,850) a km 715.

Słowa kluczowe: stopień Siarzewo, dynamika lodów, modelowanie matematyczne, symulacje numeryczne

The article presents the impact of the planned Siarzewo dam on the ice dynamics upstream and downstream of the barrage. Mathematical model was implemented to the study area and the results of numerical simulations for different scenarios were used to achieve the goal. The calculations were used to determine the ice flow through the reservoir and downstream of the dam. The forces caused by the dynamic ice impact on river banks, riverbed and the shore of islands planned on the reservoir were also calculated. The research covers the Vistula section between the km 674,850 (the existing Włocławek dam) and km 715,000.

Key words: Siarzewo dam, ice dynamics, mathematical modeling, numerical simulations

Zabudowa rzek jest nierozłącznym aspektem rozwoju gospodarczego państw, a bazując na przykładach wysoko rozwiniętych krajów Europejskich oraz Stanów Zjednoczonych, można pokusić się o wniosek, że ich rozwój mógł być częściowo wspomagany przez prawidłowo prowadzoną gospodarkę wodną (Szymkiewicz 2017). Aktualnie na świecie jest planowanych lub realizowanych ok. 3700 wielkich zapór o mocy elektrowni ponad 1 MW, z czego większość w krajach aspirujących do miana potęg gospodarczych lub dynamicznie rozwijających się (Zarfl i in. 2015). Realizacja zapór w rejonach polarnych lub obszarach, gdzie zimą obserwujemy zjawiska lodowe, niesie za sobą konieczność uwzględnienia oddziaływania lodu na konstrukcję oraz oddziaływanie projektowanych obiektów na transport lodu (Gebre i in. 2013). W kontekście oddziaływania lodu na konstrukcje w projektowaniu obiektów hydrotechnicznych należy uwzględnić określenie sił przekazywanych na planowane obiekty (Kolerski, Zima, i Szydłowski 2019), wpływ lodu na działanie śluz i awanportów (Tuthill, Liu, i Shen 2004), obciążenie lodem kompensacji ekologicznych (Kolerski, Shen, i Knack 2010), procesy erozyjne powodowane obecnością lodu (Carr i Tuthill 2011; Knack i Shen 2017) czy zwiększanie strat na kratach na wlotach do elektrowni wodnych (Walczak, Walczak, i Nieć 2020; Daly 1991). Duże obiekty hydrotechniczne będą również w znacznym stopniu wpływały na dynamikę procesów lodowych i to zarówno w zakresie tworzenia pokrywy lodowej (Kolerski 2015), jak i sposobu spływu lodu podczas prowadzenia akcji lodołamania (Kolerski 2016a) oraz przede wszystkim zmianę potencjału zatorowego rzeki (Pawłowski 2019).

Celem artykułu jest określenie wpływu projektowanej inwestycji stopnia wodnego (SW) Siarzewo na Wiśle na dynamikę lodu w obszarze nowopowstającego zbiornika oraz na odcinku rzeki bezpośrednio poniżej planowanego stopnia. Do realizacji zamierzonego celu niezbędne było zaimplementowanie modelu matematycznego i przeprowadzenie symulacji numerycznych dla możliwych do wystąpienia scenariuszy. Przeprowadzone obliczenia służyły do wyznaczenia trasy spływu lodu przez zbiornik oraz poniżej zbiornika, sił z jakimi lód będzie oddziaływał na brzegi i dno rzeki oraz sił z jakimi będą musiały sprostać projektowane na zbiorniku wyspy. Badaniami objęto odcinek Wisły pomiędzy istniejącym Stopniem Wodnym Włocławek (km 674,850) a km 715, to jest ok. 8 km poniżej projektowanego stopnia wodnego Siarzewo. Ze względu na brak oddziaływania odcinka poniżej stopnia na warunki panujące na projektowanym zbiorniku, obliczenia podzielono na dwa obszary:

1. Zbiornik Siarzewo,
2. Odcinek rzeki swobodnie płynącej poniżej projektowanego stopnia wodnego.

W ramach pierwszego zakresu wydzielono dodatkowo obszar w bezpośrednim sąsiedztwie stopnia wodnego w celu precyzyjnej analizy ruchu lodu na przedpolu jazu i w rejonie awanportu górnego śluzy. Do każdego z obszarów zaadoptowano aktualne dane batymetryczne oraz dane z numerycznego modelu terenu. W symulacji uwzględniono zmiany w batymetrii rzeki wynikające z budowy stopnia wodnego, które sprowadzały się do pogłębienia koryta rzecznej na przedpolu i poniżej jazu oraz elektrowni

wodnej. Dodatkowo uwzględniono prace bagrownicze na lewym brzegu Wisły, na którym ma zostać usytuowana elektrownia wodna. W obliczeniach szczegółowych, dla transportu lodu w rejonie awanportu górnego śluzy, uwzględniono również położenie dna zgodnie z danymi będącymi w posiadaniu Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie (PGW WP).

Dodatkowym elementem były kompensacje ekologiczne w postaci sztucznych wysp piaszczystych, które są zaprojektowane na zbiorniku (15 wysp) oraz jedna wyspa w ujściu koryta obejścia. Zgodnie z koncepcją stopnia, przyjęto że wszystkie wznoszą się na rzędną 47 m n.p.m., a ich brzegi opadają łagodnie do rzędnej NPP = 46,0 m n.p.m.

Do wykonania symulacji numerycznych wykorzystano model matematyczny DynaRICE, który umożliwia modelowanie dynamiki lodu na podstawie balansu sił wewnętrznych (naprężenia wewnętrzne) oraz zewnętrznych (siła grawitacji, siła pochodząca od ruchu wody oraz siła pochodząca od wiatru). Wyniki modelowania przedstawiono w formie wykresów oraz dokonano ich analizy ze względu na postawione na wstępie zadania. Wykorzystany w pracy model opisuje przepływ wody w układzie dwuwymiarowym z uśrednieniem prędkości wody w kierunku pionowym, natomiast dynamika lodu jest symulowana z wykorzystaniem lagranżowskiej metody wygładzonej hydrodynamiki cząstki (ang. *Smooth Particle Hydrodynamics SPH*) (Shen 2010; Kolerski 2016b).

MODELOWANIE MATEMATYCZNE DYNAMIKI LODU NA PROJEKTOWANYM ZBIORNIKU SIARZEWO

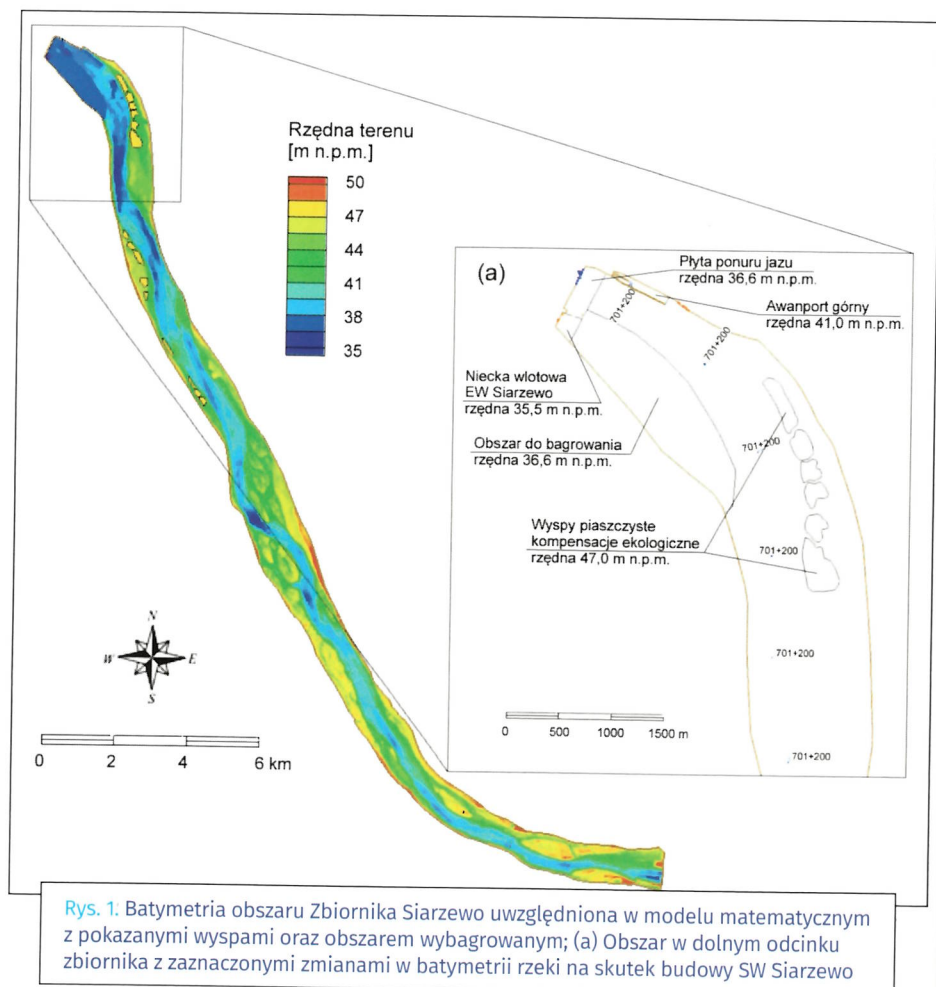
Po wykonaniu Stopnia Wodnego Siarzewo, który ma być zlokalizowany na Wiśle w kilometrze ok. 706+500, powstanie ponad 31 kilometrowy zbiornik wodny (Wrzosek i in. 2020). W wyniku utrzymania piętrzenia na rzędnej 46 m n.p.m. projektowany stopień zapewni utworzenie śródlądowej drogi wodnej o klasie przynajmniej IV, co ma ogromne znaczenie przy prowadzeniu na tym odcinku rzeki akcji lodotamania i zabezpieczenia przed powodzią zimowymi. SW Siarzewo będzie, po SW Włocławek, drugim stopniem na odcinku dolnej Wisły, stanowiący element tzw. Kaskady Dolnej Wisły.

Celem implementacji modelu do obszaru planowanego zbiornika wodnego jest określenie trasy rynny do sptywu lodu na zbiorniku Siarzewo oraz określenie miejsc przeznaczonych do bagrowania w celu zapewnienia minimalnej głębokości toru wodnego dla lodotamaczy, przyjmowanej jako 1,80 m. Dodatkowo określono wielkość obciążenia jakiemu podlegać będą wyspy (kompensacje ekologiczne) projektowane na obszarze zbiornika, na skutek oddziaływania parcia statycznego lodu powodowanego prądem wody i działaniem wiatru. Obciążenie podano w kN/m^2 , w lokalizacjach gdzie lód ma kontakt z brzegiem i dnem zbiornika, w tym w szczególności na plażach wysp.

Obszar modelu matematycznego projektowanego Zbiornika Siarzewo obejmował ponad 31 kilometrowy odcinek Wisły od km 674+850 (oś Stopnia Wodnego Włocławek) do km ok. 706+500 (oś projektowanego Stopnia Siarzewo). Obszar modelu pokazano na rysunku 1. Batymetrię obszaru ustalono na podstawie przekroi poprzecznych oraz numerycznego modelu terenu, z uwzględnieniem projektowanych wysp. W rejonie projektowanego stopnia wodnego przyjęto zmiany w batymetrii rzeki, które wynikały z przyjęcia rzędnej płyty ponuru (36,6 m n.p.m.) oraz wlotowej niecki żelbetowej elektrowni wodnej (rzędna 35,5 m n.p.m.). Uwzględniono również efekt prac bagrowniczych prowadzonych na lewym brzegu zbiornika, bezpośrednio powyżej wlotu do elektrowni wodnej, przyjmując na tym obszarze jednakową rzędną dna równą 36,6 m n.p.m., (rys. 1a).

W górnym odcinku zbiornika, w odległości ok. 4,5 km od Stopnia Wodnego Włocławek, znajduje się most Rydza-Śmigłego, którego podpory nurtowe znacznie zawężają koryto rzeki. Z uwagi na wpływ tych podpór na dynamikę lodu w bezpośrednim sąsiedztwie SW Włocławek (rys. 2), zostały one uwzględnione w modelu w postaci brzegu zamkniętego – brak możliwości przepływu lodu i wody. Siatkę numeryczną z uwzględnieniem filarów mostowych pokazuje rys. 3.

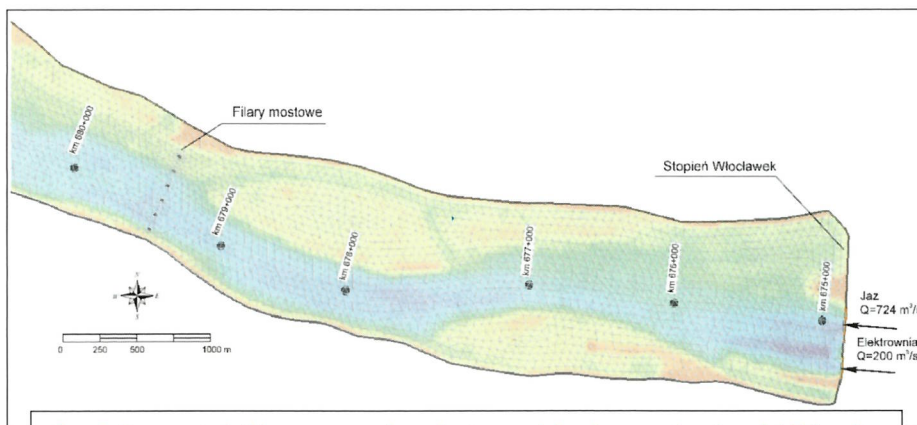
Kompensacje ekologiczne w formie wysp piaszczystych przyjęto zgodnie z dostępnymi informacjami w taki sposób, że linia brzegowa wysp posiada rzędną 46,0 m n.p.m. co jest zgodne z normalnym poziomem piętrzenia na zbiorniku. Centralna część każdej wyspy została wyniesiona na rzędną 47,0 m n.p.m. skąd brzegi opadają łagodnie do linii brzegowej formując plaże. Obrys



Rys. 1. Batymetria obszaru Zbiornika Siarzewo uwzględniona w modelu matematycznym z pokazanymi wyspami oraz obszarem wybagrowanym; (a) Obszar w dolnym odcinku zbiornika z zaznaczonymi zmianami w batymetrii rzeki na skutek budowy SW Siarzewo



Rys. 2. Most Rydza-Śmigłego we Włocławku podczas przepływu lodu (zdjęcie dzięki uprzejmości śp. prof., M. Grzesia)



Rys. 3. Fragment siatki numerycznej zaadoptowanej do obszaru górnej części Zbiornika Siarzewo, na rysunku widoczne filary mostu Rydza Śmigłego we Włocławku

wszystkich wysp wzdłuż ich linii brzegowej oraz batymetrię obszaru z uwzględnieniem wysp pokazuje rys. 1.

W modelu pominięto szczegóły dotyczące kształtu filarów jazu i elektrowni, jak również awanportu śluzy, co wynikało z faktu dużej czasochłonności obliczeń dla tak rozległego obszaru zbiornika. Wobec tego zdecydowano, że szczegółowa analiza dynamiki lodu na przedpolu jazu będzie wykonana na oddzielnym modelu matematycznym ujmującym jedynie ok. 5 kilometrowy dolny odcinek zbiornika. Model ten będzie uzupełnieniem modelu całości zbiornika, a dane na warunku brzegowym górnym będą przenoszone z modelu całościowego.

Modelowanie matematyczne prowadzono dla warunków brzegowych przyjętych w sposób pokazany na rys. 3, przyjmując że na brzegu górnym (Stopień Włocławek) zbadano przepływ (oddzielnie przez jaz i elektrownię wodną), a na brzegu dolnym stan wody. Dodatkowo przyjęto, że w rejonie budowli wlotowej do koryta obejścia symulowany jest przepływ zgodnie z wytycznymi wynikającymi z projektu stopnia wodnego. Prowadzono symulacje dla sześciu warunków różnych natężeń przepływu, przy których możliwa jest do przeprowadzenia akcja lodołamania i spławiania lodu przez

stopień wodny. Prowadzono obliczenia dla sześciu przepływów w zakresie od przepływu średniego $SSQ = 924 \text{ m}^3/\text{s}$ do przepływu wysokiego $Q = 6104 \text{ m}^3/\text{s}$. Na brzegu dolnym przyjmowano otwarcia jazu zgodnie ze schematami które prezentuje tabela I.

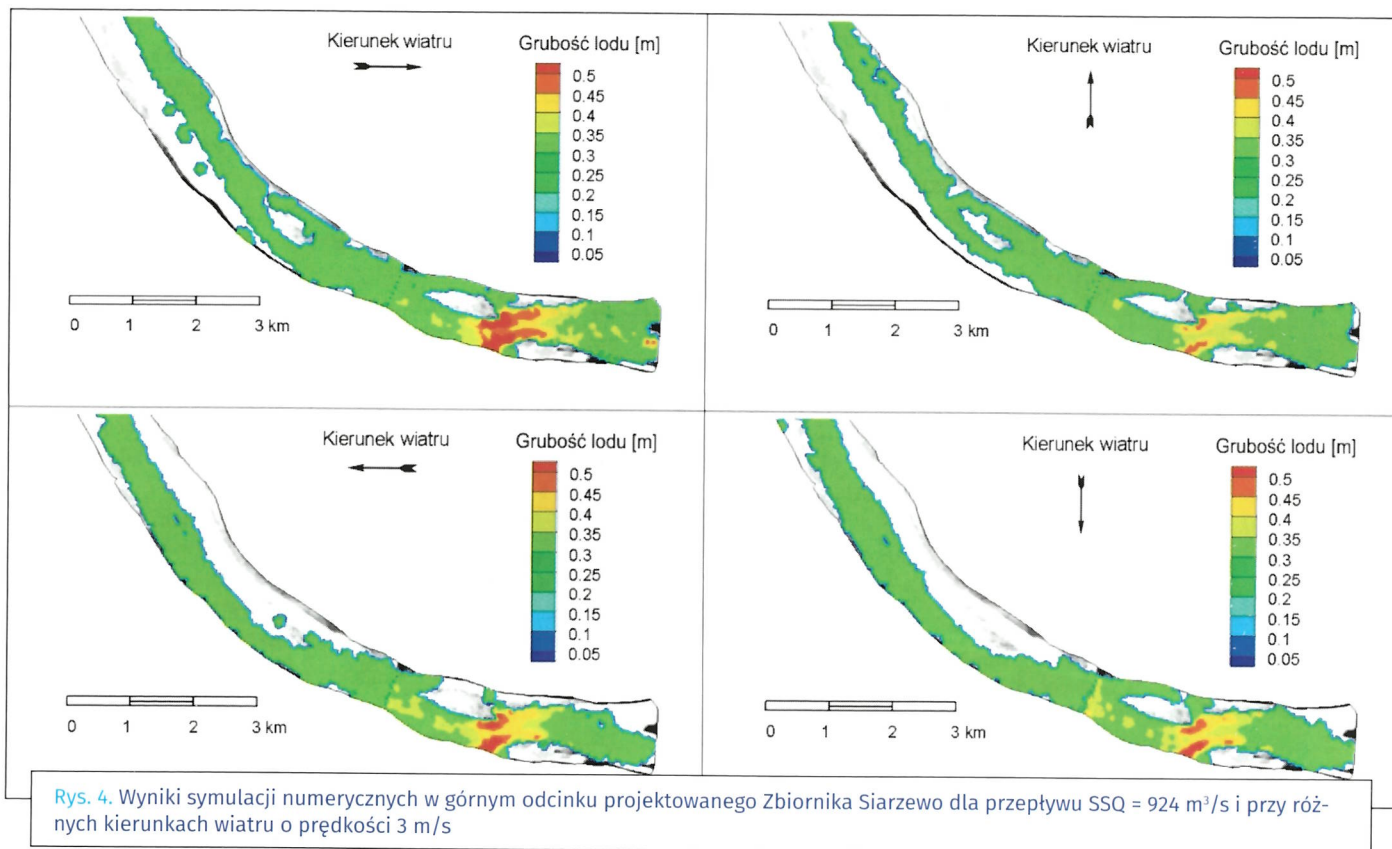
Wszystkie symulacje numeryczne prowadzono bez uwzględnienia wiatru oraz z uwzględnieniem wiatru wiejącego z kierunku: zachodniego, północnego, wschodniego i południowego. Prędkość wiatru była przyjmowana od 3 do 5 m/s, ponieważ dla przepływów niższych (924 i $1308 \text{ m}^3/\text{s}$) wiatr o prędkości 5 m/s powodował całkowite wstrzymywanie spływu lodu w dolnej części zbiornika.

We wszystkich symulacjach przyjmowano początkową grubość lodu 0,3 m. Pozostałe parametry lodu przyjmowano zgodnie z wytycznymi literaturowymi. Lód był zrzucany przez jaz SW Włocławek, a następnie poruszał się w dół Zbiornika Siarzewo zgodnie z dynamicznym bilansem sił. Przyjmowano jednakową koncentrację doptywającego lodu na górnym warunku brzegowym $N = 0,4$. Ze względu na ochronę wlotu elektrowni wodnej przed napływającym lodem, we wszystkich symulacjach założono utrzymywanie się stałej pokrywy lodowej na lewym brzegu zbiornika na odcinku ok. 2 km powyżej stopnia wodnego.

Potencjalne ryzyko powstawania zatorów zaobserwowano w górnej części zbiornika, w rejonie km 677. Jest to ok. 650 metrowy odcinek zbiornika położony w niewielkiej odległości poniżej SW Włocławek i bezpośrednio powyżej mostu Rydza Śmigłego. Odptyw lodu jest w tym rejonie utrudniony ze względu na znajdujące się w nurcie filary mostowe, zawężające znacząco przekrój poprzeczny. Jest to widoczne

w wynikach obliczeń numerycznych w warunkach występowania przepływu średniego oraz symulowanego przepływu $1308 \text{ m}^3/\text{s}$. W przypadku przepływów wyższych siła pochodząca od poruszającej się wody jest na tyle duża, że uniemożliwia wstrzymywanie odptywu lodu na filarach mostowych. Biorąc pod uwagę zrzut lodu przez SW Włocławek przy przepływie średnim warto zauważyć, że pomimo wstrzymywania odptywu lodu na filarach mostowych, akumulacja nie rozbudowuje się w górę zbiornika, ani nie zwiększa swojej grubości. Wynika to z faktu, że lód wciąż odptywa z problematycznego rejonu i nie dochodzi do uformowania stabilnego zatoru, a jedynie do lokalnej akumulacji lodu. W sytuacji spławiania lodu w warunkach przepływu średniego należy zwrócić szczególną uwagę na ten obszar, utrzymując w tym rejonie stale pracujący lodołamacz liniowy.

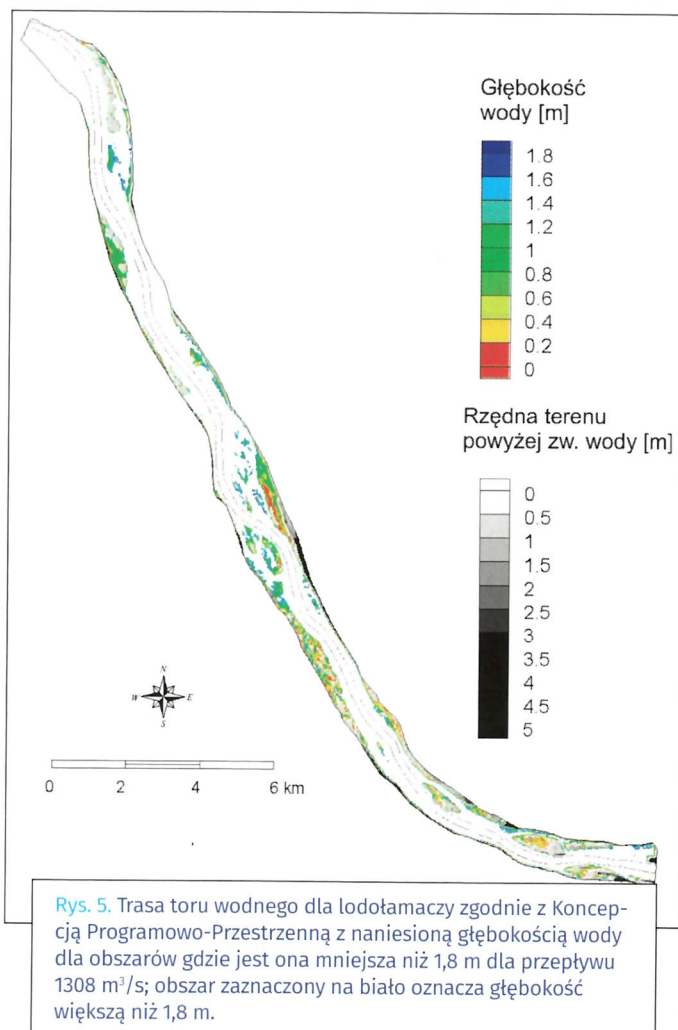
W dolnym odcinku zbiornika wyniki modelowania matematycznego wskazują na duże ryzyko napływania lodu w rejon awanportu górnego śluzy. Dzieje się tak praktycznie w każdych warunkach przepływu, natomiast wiatr zachodni i północny sprzyja temu procesowi, powodując dryfowanie lodu w kierunku prawego brzegu i wpływanie lodu do awanportu śluzy. Przeciwdziałaniem



takiemu procesowi może być zastosowanie przegrody stałej lub pływającej, kierującej lód w kierunku stanowiska górnego jazu (Kolarski 2017). Inną, znacznie tańszą możliwością jest utrzymywanie w rejonie awanportu pokrywy lodowej, która będzie przeciwdziałała dryfowaniu lodu. Zaobserwowano również możliwe do powstania spiętrzenie zatorowe, które spowodowane było koncentracją przepływu w rejonie projektowanej wyspy (szóstej licząc od osi SW Siarzewo). Lód zatrzymał się na południowym brzegu wyspy i rozbudował w górę tworząc zator. Grubość tej akumulacji nie jest znacząca, ponieważ po 24 godzinach, osiąga zaledwie $0,6 \text{ m}$ natomiast problematyczny jest fakt wstrzymywania odpływu lodu w kierunku jazu. Sytuacja taka może powodować rozbudowywanie się zatoru w górę zbiornika i utrudnienie procesu spławiania lodu. Jednocześnie zaobserwowano znaczące siły przekazywane na południowy brzeg wyspy, przekraczające 2 kN/m^2 .

Trasę rynny przyjęto zgodnie z Konsepcją Programowo-Przestrzenną (KPP). Weryfikacja trasy polegała na sprawdzeniu czy lód będzie mógł odpływać swobodnie oraz czy na trasie nie występują miejsca w których głębokości wody nie będą wystarczające dla pracy lodołamaczy. Jako głębokość krytyczną przyjęto $1,8 \text{ m}$, tj. głębokość bezpieczną dla pracy lodołamaczy. Trasę rynny pokazuje rys. 5.

W modelu trasę symulowano w taki sposób, że przyjęto na całej powierzchni zbiornika stałą pokrywą lodową, za wyjątkiem obszaru trasy. Następnie przez jaz we Włocławku rozpoczęto spławianie lodu, który poruszał się rynną w dół zbiornika. Wyniki symulacji numerycznej pokazują, że trasa rynny jest wyznaczona prawidłowo, za wyjątkiem odcinka w rejonie mostu Rydza Śmigłego. W tym miejscu trasę poprowadzono niefortunnie, ponieważ w rynnie znajdują się dwie podpory mostowe. Sugerowane jest nieznaczne przesunięcie trasy rynny w kierunku brzegu prawego tak, aby wolne od lodu były dwa przęsła mostu, a w rynnie znajdował się tylko jeden filar. Przy trasie zgodnej z KPP pochod lodu jest



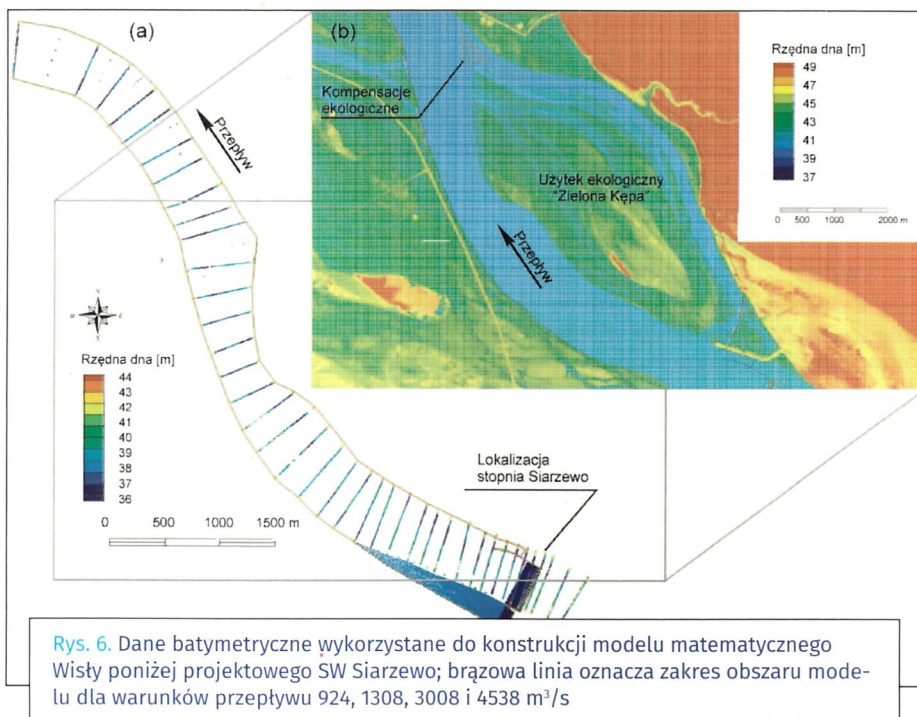
wstrzymywany w przekroju mostowym, ale nie dochodzi tam to całkowitego zatrzymania jego spływu. Niezależnie od przyjętego wariantu trasy rynn, konieczne będzie stałe monitorowanie tego odcinka zbiornika. Wydaje się, że należy przewidzieć stałą obecność jednego lodołamacza liniowego w rejonie mostu Rydza Śmigłego, który w miarę potrzeby usuwałby nagromadzony w tym miejscu lód.

ANALIZA SPŁYWU ŁODU PONIŻEJ STOPNIA WODNEGO SIARZEWO

Celem prowadzonych prac modelowych było ustalenie trasy spływu lodu poniżej projektowanego stopnia wodnego z założeniem różnych warunków przepływu, kierunku wiatru i otwarcia przesłat jazu. Dodatkowo ustalono maksymalne siły przekazywane przez lód na brzeg Wisły, brzeg użytku ekologicznego Zielona Kępa oraz dno rzeki w przypadku zatrzymania lodu na łachach piaszczystych.

Obliczenia numeryczne prowadzone były na ośmio-kilometrowym odcinku Wisły poniżej projektowanego stopnia wodnego Siarzewo, którego batymetria była opisana przez 36 przekroi poprzecznych i uzupełniona przez dane topograficzne opracowane na podstawie numerycznego modelu terenu. Dodatkowo, w modelu uwzględniono rzędne płyty wypadowej jazu (35,2 m n.p.m.), płyty wypadowej elektrowni wodnej (32,2 m n.p.m.) oraz planowane prace bagrownicze na obszarze położonym bezpośrednio poniżej projektowanej elektrowni wodnej. Założono, że dno rzeki będzie w tym obszarze wybagrowane do rzędnej 36,6 m n.p.m., co jest zgodne z dokumentacją projektową. Dane batymetryczne wykorzystane do budowy modelu matematycznego pokazano na rysunku poniżej. We wszystkich symulacjach uwzględniono istnienie sztucznej wyspy, która w ramach tzw. kompensacji ekologicznych będzie wykonana na ujściu koryta obejścia. Jest to wyspa piaszczysta o rzędnej maksymalnej 47 m n.p.m., schodząca łagodnymi plażami do wody. Dla przepływu wysokiego, ($Q = 6104 \text{ m}^3/\text{s}$) należało przewidzieć, że pod wpływem wysokich stanów wody obszar użytku ekologicznego Zielona Kępa zostanie zalany. Z tego względu dodatkowo wprowadzono dane topograficzne pochodzące z numerycznego modelu terenu i zaadoptowano je do modelowanego obszaru, który poszerzono uwzględniając prawobrzeżny teren do obwałowania (rys. 6b).

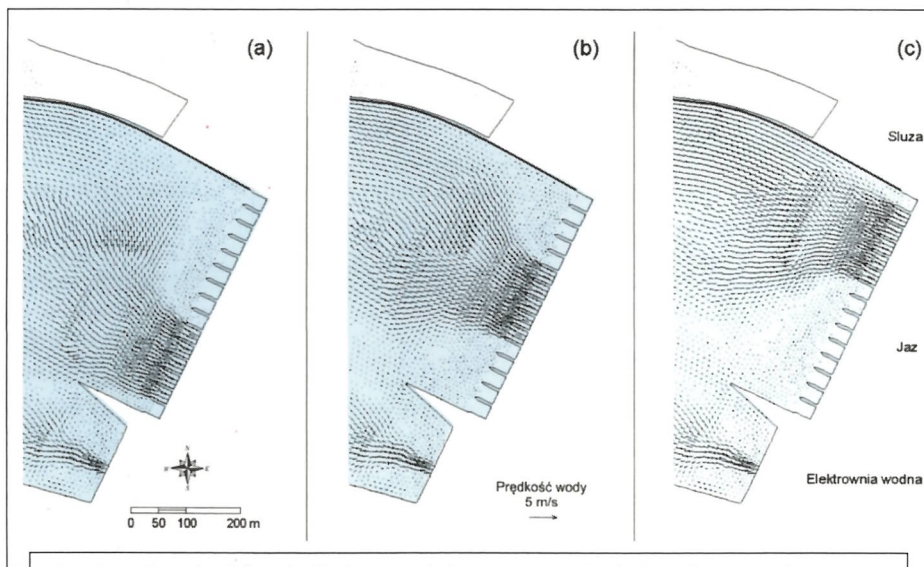
Warunek brzegowy górny przyjmowano w węzłach znajdujących się w każdym przęśle jazu, na wylocie z każdej turbiny oraz na ujściu kanału obiegowego w rejonie planowanej wyspy. Wyjątkiem był przypadek symulacji przepływu wysokiego $Q = 6104 \text{ m}^3/\text{s}$, w którym dopływ z kanału obejścia przyjmowano w innej lokalizacji, pokazanej na rys. 6b. Do analizy



Rys. 6. Dane batymetryczne wykorzystane do konstrukcji modelu matematycznego Wisły poniżej projektowanego SW Siarzewo; brązowa linia oznacza zakres obszaru modelu dla warunków przepływu 924, 1308, 3008 i 4538 m³/s

numerycznej przyjęto sześć różnych przepływów i odpowiadających im stanów wody na dolnym, otwartym brzegu obszaru. Warianty obliczeniowe z punktu widzenia warunków hydrodynamicznych przedstawiono w tab. I oraz dla przepływu średniego ($SSQ = 924 \text{ m}^3/\text{s}$) na rys. 7.

Wszystkie symulacje numeryczne prowadzono bez uwzględnienia wiatru oraz z uwzględnieniem wiatru wiejącego z kierunku zachodniego, północnego, wschodniego i południowego z prędkością 5 m/s. Sumarycznie dało to 45 wariantów obliczeniowych, które pokazano w tabeli I. Parametry lodu przyjmowano identycznie z symulacjami prowadzonymi na Zbiorniku Siarzewo, tj. początkowa grubość lodu (pojedyncza kora) wynosiła 0,3 m. Lód był zrzucany przez jaz z koncentracją początkową 0,4 dla wszystkich analizowanych przypadków. Oznacza to, że na warunku brzegowym górnym zakłada się dopływ lodu o grubości 0,3 m i o powierzchniowej koncentracji 0,4. Warto w tym miejscu zaznaczyć,



Rys. 7. Przyjęte do obliczeń układy otwarcia jazu przy przepływie średnim 924 m³/s, otwarte przęsła od 2 do 6 (a), otwarte przęsła od 6 do 10 (b) oraz otwarte przęsła od 10 do 14 (c)

Tabela I. Zestawienie wariantów obliczeniowych dla modelu Wisły poniżej SW Siarzewo

| Nr symulacji | Przepływ | Rzędna zw. wody w przekroju zamykającym | Otwarcie jazu przęsta od BL do BP | Kierunek wiatru |
|--------------|----------------------------|---|-----------------------------------|-----------------|
| 1 | Q = 924 m ³ /s | H = 37,6 m n.p.m. | 0xxxxx000000000* | brak wiatru |
| 2 | | | | W |
| 3 | | | | N |
| 4 | | | | E |
| 5 | | | | S |
| 6 | | | 000000000xxxxx0 | brak wiatru |
| 7 | | | | W |
| 8 | | | | N |
| 9 | | | | E |
| 10 | | | | S |
| 11 | | | 00000xxxxx00000 | brak wiatru |
| 12 | | | | W |
| 13 | | | | N |
| 14 | | | | E |
| 15 | | | | S |
| 16 | Q = 1308 m ³ /s | H = 38,4 m n.p.m. | 0xxxxxxxxx000000 | brak wiatru |
| 17 | | | | W |
| 18 | | | | N |
| 19 | | | | E |
| 20 | | | | S |
| 21 | | | 000000xxxxxxx0 | brak wiatru |
| 22 | | | | W |
| 23 | | | | N |
| 24 | | | | E |
| 25 | | | | S |
| 26 | Q=3008 m ³ /s | H = 40,6 m n.p.m. | 0xxxxxxxxx0000 | brak wiatru |
| 27 | | | | W |
| 28 | | | | N |
| 29 | | | | E |
| 30 | | | | S |
| 31 | | | 0000xxxxxxxxxx0 | brak wiatru |
| 32 | | | | W |
| 33 | | | | N |
| 34 | | | | E |
| 35 | | | | S |
| 36 | Q = 4538 m ³ /s | H = 41,6 m n.p.m. | 0xxxxxxxxxxxxx0 | brak wiatru |
| 37 | | | | W |
| 38 | | | | N |
| 39 | | | | E |
| 40 | | | | S |
| 41 | Q = 6104 m ³ /s | H = 42,6 m n.p.m. | 0xxxxxxxxxxxxx0 | brak wiatru |
| 42 | | | | W |
| 43 | | | | N |
| 44 | | | | E |
| 45 | | | | S |

*) 0 – brak przepływu; x – przęsto otwarte

że w warunkach maksymalnego wypełnienia powierzchni wody lodem płynącym przyjmuje się, że jego koncentracja wynosi 0,6. Dalsze zwiększanie koncentracji lodu na powierzchni prowadzi do zwiększania jego grubości i akumulacji.

Wyniki pokazano na przykładzie pojedynczej symulacji dla przepływu średniego i wiatru wiejącego z kierunku południowego w formie dwóch wykresów prezentujących odpowiednio grubość lodu w 12 godzinie symulacji oraz maksymalne obciążenie od lodu, przekazywane na brzegi i dno rzeki. Siłę podano w kN na m², natomiast grubość lodu w metrach. Na podstawie uzyskanych wyników widać, że lód po zrzuceniu do stanowiska dolnego jazu odpływa bez większych problemów, natomiast jego oddziaływanie na brzegi rzeki jest znaczne. Szczególnie narażony jest rejon południowego krańca użytku ekologicznego Zielona Kępa. Dostrzega się również znaczne siły przekazywane na dno rzeki w rejonie wyptyczenia położonego poniżej wypadu jazu. Jest to miejsce w którym może dochodzić do wstrzymywania spływu lodu, co jest szczególnie prawdopodobne w przypadku występowania niskich przepływów wody i dużej koncentracji lodu.

Największe ryzyko powstania zatoru jest obserwowane podczas spływu lodu w warunkach przepływu średniego SSQ = 924 m³/s. W tych warunkach lód generuje największe siły na brzeg Wisły oraz zatrzymuje się na wyptyczeniu w centralnej części rzeki, bezpośrednio poniżej jazu. Dochodzi lokalnie do występowania sił przekraczających 3 kN/m², lecz są one głównie wywierane na łachę w okolicach km 707. Dla przepływu średniego testowano spławianie lodu przez pięć przęseł w różnych konfiguracjach co pokazało, że najmniej problemów i najmniejsze siły obserwuje się w przypadku otwarcia przęseł środkowych. Należy jednak pamiętać, że wybór przęseł do ślizowania lodu będzie wynikał z tego jak lód napiera na stopień wodny od strony wody górnej.

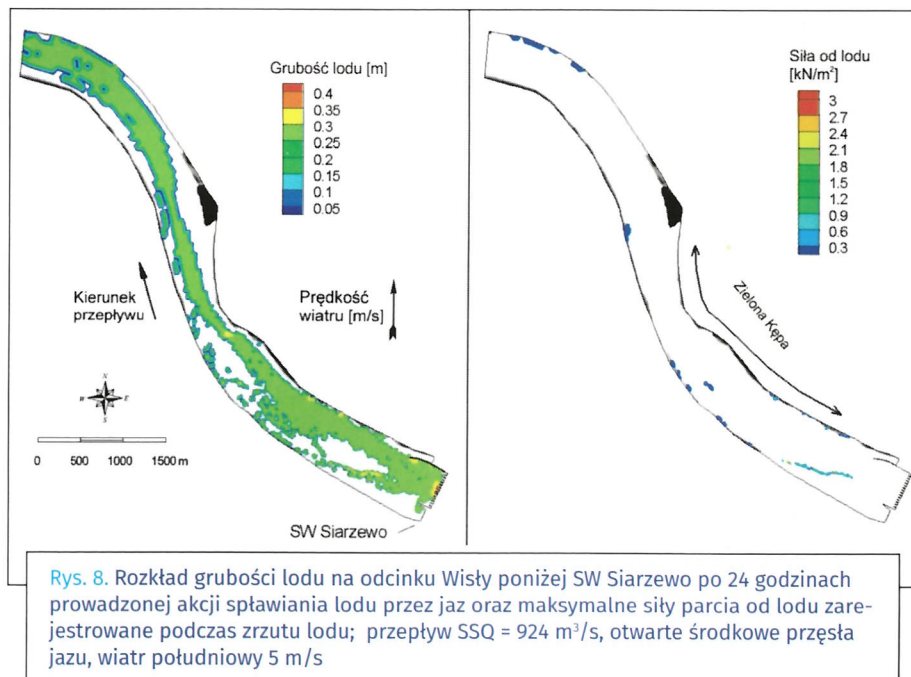
Z przeprowadzonych obliczeń dla przepływu średniego, wynika jednoznacznie, że należy bezwzględnie usunąć łachę znajdującą się w okolicach km 707. Jest to miejsce na którym przy niskim przepływie może dochodzić do zatrzymywania się lodu i potencjalnego zatoru. Kolejną lokalizacją jest łacha znajdująca się poniżej km 709, gdzie również może dochodzić do wstrzymywania odpływu lodu.

Dla wyższych przepływów przy wyższym poziomie wody, lód odpływa swobodnie i nie dochodzi do jego zatrzymywania. Kontakt lodu z brzegiem jest ograniczony, a w kilku przypadkach wręcz nie dochodzi do oddziaływania lodu na brzeg. W warunkach przepływu maksymalnego, przy wietrze wiejącym z zachodu oraz z południa, dochodzi do wdzierania się niewielkich ilości lodu na obszar podtopionej Zielonej Kępy. Lód nie wywiera jednak znaczącej siły na wyspę (maksymalnie 0,6 kN/m²).

Wartym odnotowania jest fakt, że projektowana wyspa praktycznie w żadnej z symulowanych sytuacji nie ma kontaktu z lodem zrzucanym przez jaz. Oznacza to, że jej lokalizacja jest bezpieczna i nie będzie podlegała dewastacji na skutek zrzutu lodu. Jedynym przypadkiem, gdy dochodzi do kontaktu lodu z wyspą jest wariant, gdzie podczas zrzutu lodu przy przepływie maksymalnym Q = 6104 m³/s, występuje wiatr wiejący z kierunku południowego. Dochodzi wówczas do kontaktu lodu z brzegiem wyspy, jednak nie wywiera on na nią znaczącej siły.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych symulacji można wyciągnąć następujące wnioski:



Rys. 8. Rozkład grubości lodu na odcinku Wisły poniżej SW Siarzewo po 24 godzinach prowadzonej akcji sptawiania lodu przez jaz oraz maksymalne sily parcia od lodu zarejestrowane podczas zrzutu lodu; przeplywy SSQ = 924 m³/s, otwarte srodkowe przesa jazu, wiatr potudniowy 5 m/s

lodu przez jaz, jak i wypchanie lodu w rejon awanportu górnego słuzy.

7. Dla wyższych przeplywów sptawianie lodu przez Stopień Siarzewo jest możliwe przy wietrze poniżej 5 m/s.

8. Trasę rynny do sptawu lodu wyznaczono na podstawie koncepcji Programowo-Przestrzennej, którą przetestowano w warunkach transportu lodu przy przeplywie wody $Q = 1308 \text{ m}^3/\text{s}$.

a. nie stwierdzono deficytów gębości na trasie rynny do sptawiania lodu;

b. jedyny odcinek zatrogenny na trasie rynny do sptawiania lodu to przekój mostowy (most Rydza-Śmigłego we Włocławku);

c. aby nie doprowadzać do gromadzenia się lodu, który będzie wstrzymywany przez filary mostu należy przeczynić jeden lodołamacz liniowy do stałego monitorowania tego przekroju podczas sptawiania lodu przez Stopień Siarzewo.

9. Obserwowany napływ lodu w rejon awanportu górnego słuzy może przyczyniać

się do problemów w słuzywaniu statków.

a. zaleca się zastosowanie rozwiązania technicznego w postaci przegrody stałej lub pływającej, która będzie kierowała łód na jaz. Parametry przegrody należy określić w toku dalszych prac projektowych i modelowych;

b. innym, znacznie tańszym rozwiązaniem jest utrzymywanie pokrywy lodowej przed awanportem górnym słuzy.

LITERATURA

[1] Carr M. L., Andrew M. T. 2011. Modeling of scour-inducing ice effects at Melvin Price Lock and Dam. *Journal of Hydraulic Engineering* 138 (1): 85–92.

[2] Daly S. F. 1991. Frazil ice blockage of intake trash racks.

[3] Gebre S. i in. 2013. Review of ice effects on hydropower systems. *Journal of Cold Regions Engineering* 27 (4): 196–222.

[4] Knack I. M., Hung T. S. 2017. Numerical modeling of ice transport in channels with river restoration structures. *Canadian Journal of Civil Engineering* 44 (10): 813–19. <https://doi.org/10.1139/cjce-2017-0081>.

[5] Kolerski T. 2015. Ice cover progression due to flow regulation at the Włocławek dam. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiecus* 14 (1).

[6] Kolerski T. 2016a. Modeling of Ice Passage Through Reservoirs System on the Vistula River. W *Hydrodynamic and Mass Transport at Freshwater Aquatic Interfaces: 34th International School of Hydraulics*. Red. Rowiński P. i Marion A., 35–47. GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27750-9_4.

[7] Kolerski T. 2016b. Modelowanie matematyczne zjawisk lodowych na wodach srodldawych. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej.

[8] Kolerski T. 2017. Mathematical Modelinig of Ice Booms. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiecus* 16 (1) 65.

[9] Kolerski T. i in. 2010. A nested model for river Ice dynamics. W *Proceedings, 20th IAHR Ice Symposium*.

[10] Kolerski T. i in. 2019. Mathematical Modeling of Ice Thrusting on the Shore of the Vistula Lagoon (Baltic Sea) and the Proposed Artificial Island. *Water* 11 (11): <https://doi.org/10.3390/w11112297>.

[11] Pawłowski B. 2019. Ice Jams: Causes and Effects. W *Encyclopedia of Water*, 1–9. American Cancer Society. <https://doi.org/10.1002/9781119300762.wsts0035>.

[12] Shen H.T. 2010. Mathematical Modeling of River Ice Processes. *Cold Regions Science and Technology* 62 (1). <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2010.02.007>.

[13] Szymkiewicz R. 2017. Dolna Wisła – rzeka niewykorzystanych możliwości. Wyd. Politechniki Gdańskiej.

[14] Tuthill A. i in. 2004. Modeling ice passage at navigation locks. *Journal of cold regions engineering* 18 (3).

[15] Walczak N. i in. 2020. Assessment of the Resistance Value of Trash Racks at a Small Hydropower Plant Operating at Low Temperature. *Energies* 13 (7).

[16] Wrzosek K. in. 2020. Stopień Wodny Siarzewo – lokalizacja i rozwiązania techniczne. *Gospodarka Wodna* nr 10.

[17] Zarfl Ch. i in. 2015. A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences* 77 (1).

1. Na odcinku rzeki poniżej projektowanego Stopnia Wodnego Siarzewo sptaw lodu odplywa swobodnie, bez zatrzymywania się i tworzenia zatorów. Jedynie w warunkach przeplywu srodkowego (SSQ = 924 m³/s) sptawianie lodu może nastroczac pewnych problemów związanych z wyptyceniami dna w rejonie istniejących łach piaszczystych.

2. Dla przeplywu SSQ, z punktu widzenia transportu lodu na odcinku Wisły poniżej SW Siarzewo zalecane jest otwieranie przesł srodkowych. W przypadku przeplywów wyższych nie ma to istotnego znaczenia i należy otwierać przesa, na które łód wywiera największy napór od strony wody górnej Zbiornika Siarzewo.

3. Nie stwierdzono znaczącego oddziaływania lodu na wyspę poniżej SW Siarzewo, wyspa znajduje się przy brzegu prawym z daleka od głównej trasy sptawu lodu. Jedynie podczas przeplywu wysokiego, gdy cały obszar Zielonej Kępy znajduje się pod wodą zauważa się początek oddziaływania sptawającego na wyspę lodu.

4. Na przepływ lodu na zbiorniku duży wpływ ma siła i kierunek wiatru.

5. Dla przeplywu SSQ = 924 m³/s:

a. pochód lodu w okolicach dolnej części zbiornika jest wstrzymywany przez wiatr o sile powyżej 3 m/s;

b. przy wietrze o prędkości 3 m/s więcej z kierunku zachodniego, łód powolnie dryfuje w dół zbiornika, a czas dotarcia lodu do jazu przekracza 3 doby;

c. przy wietrze o prędkości 3 m/s więcej z kierunku północnego, sytuacja jest analogiczna, a czas dopływu lodu do jazu również przekracza 3 doby;

d. na dolnym odcinku zbiornika, wiatr północny i zachodni o prędkości 3 m/s powoduje generowanie się akumulacji opartej o planowaną wyspę. W tym przypadku siła przekazywana przez łód na wyspę jest znacząca i przekracza 2 kN/m². Należy rozpatrzyć zmianę kształtu brzegu południowego wyspy tak, aby kierowała łód w stronę jazu.

6. W przypadku przeplywu na poziomie 1308 m³/s ruch lodu na przedpolu jazu jest wstrzymywany przy wietrze o sile większej od 4 m/s. Najmniej korzystny jest wiatr z kierunku zachodniego oraz północnego. Powoduje on zarówno wstrzymywanie odplywu



Przemysław Dacą. Prezes Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie

Włocławski będzie nam służył przez kolejne dziesięciolecia. Jednocześnie pracujemy nad tym, aby w jego sąsiedztwie powstały nowoczesne obiekty, które przyczynią się do zrównoważonego rozwoju transportu, energetyki, ochrony przeciwpowodziowej, gospodarki wodnej, rolnictwa, leśnictwa i turystyki. Wyjaśnił także, że kolejny stopień na Wiśle – Siarzewo, stanowi część większego projektu, który obecnie zaczyna się realizować.

W sesji I – **50-lecie pracy Stopnia Wodnego Włocławek**, Wojciech Skowyrski (PGW Wody Polskie) przedstawił informację o historii projektowania i realizacji tego obiektu oraz wnioski z wieloletniej jego eksploatacji. Przypomniał nazwiska projektantów i kadry realizującej roboty wykonawcze. Podkreślił ich wysokie kwalifikacje, zaangażowanie i determinację w realizacji obiektu. Stopień Włocławek był pierwszym zbudowanym stopniem planowanej Kaskady Dolnej Wisły i stanowił największą kompleksową inwestycję gospodarki wodnej w czasach PRL. Ta ogromna inwestycja miała zaktywizować gospodarczo region, zaś wybudowana przy okazji elektrownia wodna miała produkować tanią energię podszczytową i spełniać ważną rolę rezerwy awaryjnej i interwencyjnej w Północnym Okręgu Energetycznym. Stopień Wodny Włocławek miał też ograniczać zarówno skutki suszy, jak i lokalnie – zmniejszać ryzyko powodzi. Budowę obiektu rozpoczęto w 1963 roku, zaś w 1970 roku oddano go do eksploatacji. Powstał, jako pierwszy stopień Kaskady Dolnej Wisły przy założeniu, że w kolejnych 10–15 latach powstanie kolejny stopień w okolicach Ciecchocinka. Budowa pozostałych 7 stopni została jednak zaniechana, co miało o tyle istotne znaczenie, że rozwiązania konstrukcyjne



Wojciech Skowyrski. Dyrektor Departamentu Przygotowania i Realizacji Inwestycji PGW Wody Polskie

ne stopnia we Włocławku były ściśle związane z poziomem wody w stanowisku dolnym, który miał utrzymywać kolejny z zaplanowanych stopni. Niestety, to „podparcie” Stopnia Włocławek nie zostało zrealizowane, co spowodowało erozję liniową koryta Wisły poniżej tej budowli. W wyniku nieprzewidywanego w projekcie obniżenia poziomu wody na dolnym stanowisku, zmieniły się warunki pracy stopnia i powstało zagrożenie jego trwałości. Sięgająca wiele kilometrów erozja doprowadziła także do degradacji koryta Wisły oraz niekorzystnych zmian w środowisku przyrodniczym.

Szerokie omówienie doświadczeń z eksploatacji stopnia we Włocławku można znaleźć w *Gospodarce Wodnej*, N 4/2020. W tym zeszycie *Gospodarki Wodnej* znalazły się także inne artykuły omawiające problematykę stopnia, w tym Mariusza Gajdy i reprint artykułu Eryka Bobińskiego i Janusza Bielakowskiego

funkcjonuje również przepławka dla ryb, która umożliwiła ich migrację i monitoring. Stopień wodny poprawia również warunki żeglugi na Wiśle, służy także okolicznemu rolnictwu i leśnictwu. Wokół Zbiornika Włocławskiego znajdują się: cenny przyrodniczo Gostyńsko-Włocławski Park Krajobrazowy oraz obszary z sieci NATURA 2000. Ten największy akwen centralnej Polski jest też popularną atrakcją turystyczną. Jestem przekonany, że Zbiornik

– generalnego projektanta stopnia i jego zastępcy. Znamienne i potwierdzające słuszność działań planowanych na dolnej Wiśle są słowa Janusza Bielakowskiego dodane w krótkim komentarzu do reprintsu artykułu napisanego w 1970 roku: *Nie wiem czy będzie budowana kaskada, nie wiem czy będzie budowany Ciecchocinek, czy będzie budowane Siarzewo, wiem jedynie, że samotność nie służy Włocławkowi i, że ta samotność nie służy także Wiśle.*

Mariusz Gajda (ENERGA OZE) skoncentrował się na omówieniu działania hydroelektrowni. Została zaprojektowana przez polskich inżynierów a wybudowana pół wieku temu funkcjonuje bardzo dobrze i przynosi efekty ekonomiczne. Potwierdza także słuszność założeń o celowości wykorzystania potencjału energetycznego Wisły.

Miłym akcentem końcowym tej sesji było wręczenie pracownikom zasłużonym w pracy na Stopniu Włocławek pamiątkowych wyróżnień.

W sesji II – **85-lecie czasopisma Gospodarka Wodna**, jego historię przypomniał redaktor naczelny – Jan Żelazo. Inicjatywę zorganizowania czasopisma poświęconego sprawom wody podjął w 1935 roku zespół wybitnych specjalistów, zasłużonych dla rozwoju gospodarki wodnej w Polsce, na czele z Edwardem Romańskim. Główną przestanką powołania tego branżowego czasopisma było przekonanie o potrzebie upowszechnienia problemów wodnych kraju, które szczególnie ujawniły się po katastrofalnej powodzi w 1934 roku. Misją czasopisma *Gospodarka Wodna*, niezmiennie realizowaną od jego utworzenia, jest popularyzacja współczesnej wiedzy, metod i technik badawczych oraz innowacyjnych rozwiązań projektowych, technologicznych i wykonawczych w inżynierii i gospodarce wodnej, w zakresie kluczowych zagadnień dotyczących: hydrologii, hydrauliki, hydrogeologii, zasobów wodnych, rzek i dróg wodnych, ochrony przed powodzią, hydroenergetyki i budownictwa wodnego. *Gospodarka Wodna* cieszy się dużą popularnością, gdyż daje autorom możliwość „zmierzenia się” z osiągnięciami środowiska naukowego i technicznego, (którego liderzy doceniają wartościowe prace ukazujące się na jej łamach), co stanowi o prestiżu w środowisku branżowym. Istotne jest także, że czasopismo na bieżąco przedstawia aktualne zagadnienia i problemy branżowe, stanowiące o kondycji zasobów wodnych w Polsce (dyskusje, wywiady, artykuły problemowe). Wskazał na problemy jakie dla czasopisma, a pośrednio dla całej branży wodnej, może przynieść wdrożenie nowych zasad klasyfikacji czasopism naukowych i ewaluacji nauki. W efekcie tych zmian, *Gospodarka Wodna* nie znalazła się na liście tzw. czasopism punktowanych co powoduje radykalne zmniejszenie zainteresowania publikowaniem artykułów naukowych a także zmniejszenie zainteresowania publikowaniem prac badawczych o charakterze wdrożeniowym. W dalszej perspektywie może to prowadzić do: rozluźnienia współpracy nauka-praktyka, która dla sprawnego funkcjonowania branży jest bardzo ważna.

Redaktor naczelny podkreślił, że wysoki poziom merytoryczny i edytorski *Gospodarki Wodnej* to zastuga nie tylko kolegium redakcyjnego, ale całego zespołu pracowników Wydawnictwa



Mariusz Gajda. Dyrektor Zarządzający ENERGA OZE



Jan Żelazo. Redaktor naczelny *Gospodarki Wodnej*

SIGMA-NOT, instytucji współpracujących, w tym PGW Wody Polskie oraz autorów i czytelników.

Sesję III: **Potencjał gospodarczy dolnej Wisły**, prowadził Krzysztof Woś – zastępca Prezesa PGW Wody Polskie. Miała ona charakter panelu dyskusyjnego w którym udział wzięli: Zygmunt Babiński (Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy), Monika Niemiec-Butryn (MGMiŻS), Jan Haftka (ENERGA Invest). We wprowadzeniu do dyskusji, K. Woś zwrócił uwagę na duże i wielorakie znaczenie rzek oraz potrzebę realizacji dobrze zaplanowanych działań, stwierdzając: *rzeki są wielkim darem przyrody. Symbioza człowieka i rzeki potwierdzona jest przez niezliczoną ilość relacji. Wisła, jako rezerwar wody powierzchniowej, stanowi wielofunkcyjny obiekt gospodarczy o kompleksowym znaczeniu dla gospodarki narodowej. Jednocześnie stanowi ryzyko wystąpienia wezbrań, przekształcających się w powódzie, zagrażające ludziom i mieniu, pozostających w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Aby można było w sposób optymalny korzystać z potencjału gospodarczego Wisły, a jednocześnie minimalizować skutki powodzi, konieczne jest wykonanie niezbędnych zabiegów technicznych i organizacyjnych, przy jednoczesnym utrzymaniu trwałej równowagi bilansu wodnego i pożądanego stanu środowiska naturalnego. Ograniczony zakres inwestycji na Wiśle w całym powojennym okresie wynikał nie tylko ze szczupłości środków finansowych, ale był następstwem braku polityki rozwoju gospodarki wodnej, co prowadziło do niszczenia nie tylko pojedynczych budowli, ale degradacji całych już uregulowanych odcinków rzeki. Przykładem braku konsekwencji przy podejmowaniu tego typu działań*

jest oddany do eksploatacji w 1970 r. stopień wodny we Włocławku, który jako jeden z planowanych ośmiu stopni miał być elementem Kaskady Dolnej Wisły. Tymczasem od pięćdziesięciu lat Włocławek pracuje, jako pojedynczy stopień wodny, zaś z powodu braku stopnia „podpierającego”, obserwuje się postępujący proces erozji dna rzeki, który zagraża jego stabilności. Aby zapobiec potencjalnej kata-

strofie budowlanej, konieczne staje się wybudowanie stopnia wodnego poniżej Włocławka.

Z. Babiński, który prowadził długoletnie badania na dolnej Wiśle, scharakteryzował jej aktualny stan hydromorfologiczny i przedstawił kierunki niezbędnych działań w przyszłości. Intensywna erozja liniowa powoduje systematyczną degradację koryta Wisły i terenów przybrzeżnych. Jedynym skutecznym rozwiązaniem mogącym zatrzymać ten proces jest stabilizacja poziomu zwierciadła wody poprzez zabudowę stopniami. Rozwiązania takie stwarza także możliwość pełniejszego wykorzystania zasobów wodnych Wisły. Pani M. Niemiec-Butryn poinformowała, że obecnie trwają prace programowe nad wypracowaniem rozwiązań pozwalających na wielofunkcyjne wykorzystanie Wisły. Jedną z tych funkcji jest pełniejsze wykorzystanie dolnej Wisły w systemie żeglugi śródlądowej. Jan Haftka zwrócił uwagę, że doświadczenia pracy Elektrowni Włocławek wskazują, iż potencjał energetyczny Wisły jest znaczący. Obecnie rozważane stopnie wodne są co prawda mniej korzystne pod względem energetycznych w stosunku do planowanych przed laty, lecz dla polskiej energetyki są one bardzo cenne, a aktualna strategia uniezależnienia się od wytwarzania energii na bazie paliw tradycyjnych wskazuje, iż potencjał energetyczny Wisły powinien być wykorzystany.

Sesję IV – **Stopień Wodny Siarzewo**, zamykającą konferencję poprowadził Sergiusz Kieruzel. Miała także charakter panelu dyskusyjnego, z udziałem Krzysztofa Wrzosa i Krzysztofa Polaka (PGW Wody Polskie) oraz Grzegorza Chociana (EKOTON Sp. z o.o.). K. Polak

przypomniat, że wiele problemów z którymi spotykano się w okresie 50 lat eksploatacji, a także niekorzystne zmiany w korycie poniżej stopnia, spowodowane są tym, że pozostaje on obiektem pojedynczym, co jest niezgodne z założeniami jego projektowania, realizacji i eksploatacji. Wskazał, że możliwości zmiany aktualnego, niekorzystnego stanu są różne, a najbardziej racjonalną jest realizacja kolejnego stopnia tzw. stopnia podpierającego. K. Wrzosek przedstawił koncepcję stopnia „podpierającego” Siarzewo wskazując, że jest to lokalizacja optymalna, a rozwiązania konstrukcyjne uwzględniają doświadczenia z eksploatacji Stopnia Włocławek oraz współczesną wiedzę o środowisku przyrodniczym. Równocześnie z przygotowaniem projektu Stopnia Siarzewo, prowadzone są szerokie działania edukacyjne pokazujące korzyści, które może przynieść realizacja tego obiektu. Ważnym elementem tej edukacji są filmy (zaprezentowane podczas konferencji), które w przejrzysty sposób przedstawiają obiekty związane ze stopniem, zastosowane rozwiązania środowiskowe i różnorodne funkcje stopnia. Omawianie oddziaływań planowanego Stopnia Siarzewo kontynuował G. Chocian. W swoim wystąpieniu przedstawił informację o badaniach środowiska przyrodniczego na potrzeby realizacji obiektu. Były to badania obejmujące wszystkie komponenty środowiska przyrodniczego, zrealizowane przy wykorzystaniu nowoczesnych technik badawczych i informatycznych. Pozwoliły one na rozpoznanie związków ekologicznych występujących na badanym obszarze, a także na waloryzację środowiska, co zostało wykorzystane przy opracowaniu raportu OOS. Przybliżył także rozwiązanie techniczne służące ograniczeniu niekorzystnych oddziaływań na środowisko oraz tzw. kompensację przyrodniczą.

Konferencję zakończyła sesja V – **Dyskusja**, w której w nawiązaniu do tematyki sesji panelowych podkreślano, m.in. że:

- 50-letni okres eksploatacji stopnia we Włocławku wskazuje, iż jest on ważnym elementem zagospodarowania Wisły, ma duże znaczenie energetyczne, może odegrać istotną rolę w rozwoju wodnych dróg śródlądowych,
- aktualny stan koryta dolnej Wisły, wskazuje na potrzebę i konieczność podjęcia prac nad jej zagospodarowaniem, aby mogła pełnić różne funkcje oraz zagwarantować bezpieczeństwo regionu,
- rozwiązania proponowane w koncepcji Stopnia Siarzewo uwzględniają w szerokim zakresie potrzeby środowiska przyrodniczego,
- niezbędna jest szeroko zakrojona edukacja społeczna pokazujące znaczenie obiektów wodnych oraz ich potencjalne niekorzystne oddziaływania, które jak pokazuje przykład Stopnia Siarzewo, można jednak wydatnie ograniczyć, przy dobrej współpracy z przyrodnikami.

Artykuły omawiające zagadnienia, które były przedmiotem dyskusji na konferencji POTENCJAŁ DOLNEJ WISŁY w dniu 28.09.2020 r. oraz inne związane z tym tematem, są prezentowane w bieżącym numerze *Gospodarki Wodnej*. Szeroką informację dotyczącą stopnia Włocławek, prezentowaliśmy także w numerze 4/2020.

Zespołowi organizacyjnemu z PGW Wody Polskie składamy serdeczne podziękowanie za sprawne i bezpieczne zorganizowanie konferencji.

Dziękujemy także autorom prezentacji, ekspertom paneli dyskusyjnych oraz licznyim uczestnikom za udział w konferencji, interesujące wystąpienia oraz aktywną dyskusję.



Grzegorz Chocian, Prezes Zarządu EKOTON Sp. z o.o., Krzysztof Wrzosek, Zastępca Dyrektora Departamentu Przygotowania i Realizacji Inwestycji, PGW Wody Polskie



Krzysztof Woś, Zastępca Prezesa ds. Ochrony Przed Powodzią i Suszą PGW Wody Polskie