

Podjęcie systemowe w zintegrowanym zarządzaniu obszarami przybrzeżnymi – studium przypadku: Zalew Wiśłany

Dr hab. inż. Grzegorz Różyński, dr Małgorzata Bielecka, dr Jan Schönhofner
Instytut Budownictwa Wodnego PAN w Gdańsku

Zalew Wiśłany jest drugim co do wielkości zalewem na morzu Bałtyckim o powierzchni 838 km² (z czego 365 km² należy do Polski) i dorzeczu 23870 km². Długość Zalewu wynosi 91 km, średnia szerokość około 9 km, a średnia głębokość 2,7 m. Objętość wody w Zalewie szacowana jest na 2,3 km³.

W rejonie Zalewu od wielu lat występuje wiele problemów, z których najbardziej znanym jest brak możliwości swobodnej żeglugi na morze Bałtyckie z polskiej części Zalewu [1]. Rozbieżne są też systemy prawne w zakresie ochrony środowiska w polskiej i rosyjskiej części Zalewu. Polska zaadaptowała wszystkie instrumenty prawne EU w zakresie ochrony środowiska, ponadto cały polski obszar Zalewu jest obszarem NATURA 2000. Federacja Rosyjska nie ma takich zobowiązań, wobec czego jedyny mechanizm harmonizacji regulacji prawnych może być tylko związany z realizacją Konwencji Helsińskiej i Planu Działań na Rzecz Bałtyku [1, 9]. Wspólne działania na rzecz środowiska Zalewu są dodatkowo utrudniane przez brak harmonizacji monitoringu jego parametrów fizycznych i ekologicznych, brak sprawnej wymiany danych w tym zakresie oraz brak koordynacji działań w zakresie rybołówstwa na obu częściach Zalewu [9].

Trudna sytuacja ekonomiczna w rejonie Zalewu ma też korzenie w jego historii po II wojnie światowej (jego podział i wymiana ludności). Podział na dwie części spowodował rozrywanie więzi ekonomicznych części polskiej z byłym centrum w Królewcu, co w połączeniu ze zniszczeniami wojennymi przyczyniło się do stagnacji ekonomicznej, która okazała się szczególnie widoczna w latach transformacji do gospodarki rynkowej w południowej części Zalewu, głównie na skutek szybkiego bankructwa Państwowych Gospodarstw Rolnych. Część północna, głównie Mierzeja, wyszła z procesu transformacji w znacznym stopniu obronną ręką, dzięki obecności czystych plaż po jej odmorskiej stronie i wynikającego stąd rozwoju usług turystycznych. Tym niemniej, podział administracyjny polskiej części Zalewu na część należącą do województwa pomorskiego i warmińsko-mazurskiego również przyczynia się do niepełnego wykorzystania możliwości turystycznych Zalewu, na przykład poprzez wymóg koordynacji komunikacji publicznej w obrębie Zalewu przez oba województwa, co okazuje się trudne ze względu na rozbieżne priorytety obu województw [8].

Rozwój południowej części Zalewu za pomocą tradycyjnych usług turystyki wodnej (plaża, kąpiele) jest bardzo utrudniony ze względu na silną eutrofizację Zalewu i wynikające stąd okresowe zakwity sinic oraz bagniste dno. Z tego powodu przezwyciężenie stagnacji ekonomicznej wymaga spojrzenia na zarządzanie Zalewem w sposób ustrukturyzowany, przez uwzględnienie postępu, jaki dokonał się w dziedzinie zintegrowanego zarządzania obszarami przybrzeżnymi. Przedstawiona w niniejszej pracy analiza jest pierwszym zastosowaniem metodyki podejścia systemowego do zarządzania obszarami przybrzeżnymi w Polsce.

METODYKA PODEJŚCIA SYSTEMOWEGO

Zasadniczym celem podejścia systemowego jest wyodrębnienie informacji o funkcjonowaniu złożonych **systemów**, których to informacji nie można uzyskać na podstawie szeregu analiz w mniejszych skalach czasowych i przestrzennych [4]. Jest to zatem metodyka zorientowana na rozwiązanie pewnego **problemu/zagadnienia**, uwzględniająca holistyczną perspektywę wzajemnych powiązań, interakcji i sprzężeń występujących w analizowanym **systemie**. Różni się ona znacząco od typowego podejścia naukowego, które jest zwykle redukcjonistyczne, będąc zorientowanym bardziej na analizę badanego **obiektu**, a nie **problemu/zagadnienia**. Wyznaczenie głównych cech analizowanego zagadnienia, uwikłanego w różnoskalowe połączenia w formie łańcuchów przyczynowo-skutkowych, z uwzględnieniem występujących wymuszeń i sprzężeń (w tym zwrotnych), które należy również wyznaczyć w przeprowadzanej analizie, jest fundamentalną charakterystyką złożonych **systemów** [4]. Z tego względu **podejście systemowe** może się stać cennym narzędziem poprzez włączenie do analizy czynnika ludzkiego, by w ten sposób uzyskać wyższy poziom rozumienia posiadanej informacji i jej lepszego wykorzystania w zarządzaniu, co powinno skutkować wyższą aprobatą społeczną dla działań podejmowanych w wyniku analizy systemowej. Wysiłki w tym kierunku spotykają się zwykle z dwoma nietrywialnymi wyzwaniem: (1) umiejętności symulowania funkcjonowania złożonych systemów oraz (2) stworzenia efektywnego mechanizmu współpracy na styku nauka – zarządzanie.

Metodykę podejścia systemowego w kontekście zintegrowanego zarządzania obszarami przybrzeżnymi opracowano w projekcie 6. Programu Ramowego EU *Science-Policy Integration for Coastal System Assessment (SPICOSA)*. Głównym celem tego projektu było wypracowanie praktycznego sposobu implementacji podejścia systemowego w tego rodzaju zagadnieniach [7]. Cel ten osiągnięto poprzez analizę 18 studiów przypadku reprezentujących szeroki przekrój zagadnień związanych z zarządzaniem obszarami przybrzeżnymi [7], obejmujących akweny tranzytowe, takie jak zalewy, delty i estuarie w europejskich morzach regionalnych poczynając od Morza Czarnego, a skończywszy na fiordach norweskich. Wykonanie analiz dla różnych jednostek geomorfologicznych i fizjograficznych, takich jak Laguna Wenecka, estuarium Gwadiany, delty Skaldy i Dunaju, zatok Izmit, Thermaikos czy też Himmerfjärden, które zarządzane są często w warunkach odmiennych reżimów administracyjnych, pomimo ogólnej zgodności z instrumentami prawnymi EU (np. Ramowa Dyrektywa Wodna), umożliwiło opracowanie dobrze przetestowanego algorytmu implementacji podejścia systemowego do dowolnego systemu brzegowego. Zastosowanie tej metodyki do studium przypadku Zalewu Wiślanego jest pierwszym tak kompleksowym zastosowaniem tej metodyki w Polsce.

Metodyka podejścia systemowego musi uwzględniać zmiany systemu w czasie oraz posiadać zdolność oceny, czy zmiany te skutkują przybliżeniem się funkcjonowania systemu do stanu zrównoważonego rozwoju, czy też powodują oddalenie się od niego. W przypadku zarządzania obszarami przybrzeżnymi należy przeanalizować, czy dany obszar (system) przybrzeżny posiada zdolność samoregulacji w odpowiedzi na zewnętrzne impulsy (wymuszenia) oraz na skutek wewnętrznych interakcji. Impulsy zewnętrzne, wywołane działalnością człowieka, łączą się zwykle z impulsami wywołanymi przez czynniki naturalne. W takich warunkach ekosystemy mogą wykazywać silne tendencje do szybkiej degradacji. Dzieje się tak, gdyż skala czasu degradacji jest zwykle znacznie krótsza niż czas potrzebny na regenerację systemu oraz ze względu na fakt, że wiele procesów pochodzenia antropogenicznego rozwija się niezależnie od trendów obserwowanych w naturze [4]. Z tego powodu główną przesłanką sukcesu w stosowaniu podejścia systemowego jest dokładne odwzorowanie funkcji wykonywanych przez ekosystemy z uwzględnieniem ich wewnętrznych interakcji w celu wykonania dokładnych symulacji złożonej odpowiedzi systemu na zakładane zewnętrzne impulsy, włączając w to możliwe opcje zarządzania. Złożoność analizowanego systemu powoduje, że interpretacja wykonanych symulacji musi uwzględniać niepewność spowodowaną przez uproszczenia samej metodyki oraz przez braki wiedzy. Na koniec, wykorzystanie wyników symulacji wymaga opracowania scenariuszy rozwiązań, które można weryfikować w kontekście opłacalności ekonomicznej i akceptowalności społecznej.

Schemat ideowy metodyki podejścia systemowego pokazano na rys. 1. Schemat ten składa się z dwóch pętli. Pętla zewnętrzna pokazuje ciągłą ewolucję systemu poddanego zewnętrznym impulsom w formie wymuszeń fizycznych (na przy-

kład globalne zmiany klimatyczne), ekonomicznych (na przykład globalny kryzys gospodarczy) lub prawnych (na przykład konwencje międzynarodowe, takie jak Konwencja Helsińska). Wymuszenia te nakładają się na wieloaspektowe czynniki antropogeniczne wewnątrz systemu, takie jak: zmiany struktury zatrudnienia, partycypacja publiczna, wzrost świadomości ekologicznej czy interakcje między głównymi interesariuszami, które razem wpływają na funkcjonowanie lokalnego ekosystemu. Pętla wewnętrzna, która zawiera metodykę podejścia systemowego, jest zagnieżdżona w pętli zewnętrznej, pokazując iteracyjny charakter zarządzania obszarami przybrzeżnymi oraz ilustrując wpływ właściwego zarządzania na poprawę funkcjonowania analizowanego obszaru (systemu) przybrzeżnego.

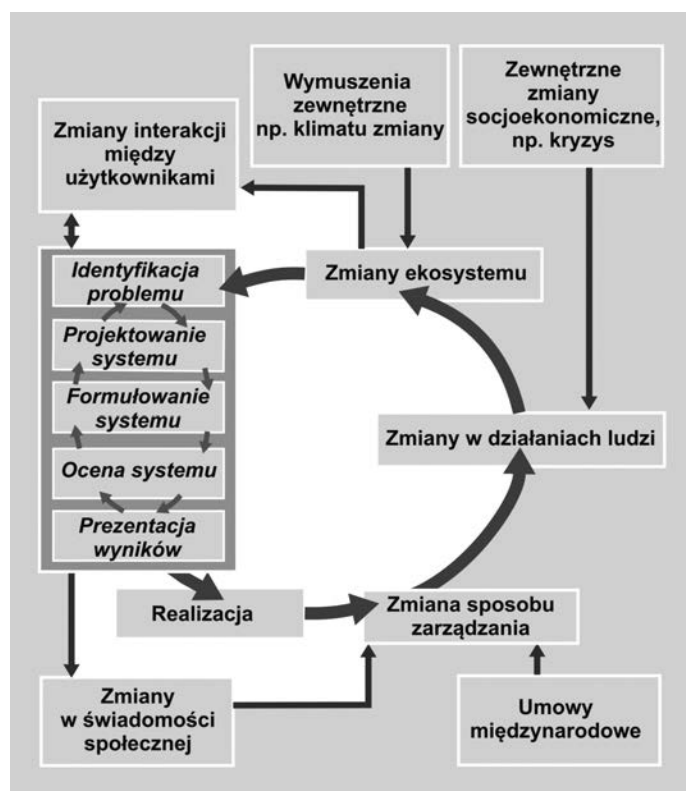
Pierwszym elementem metodyki podejścia systemowego jest **identyfikacja zagadnienia**. Jego celem jest precyzyjne zdefiniowanie najbardziej palącego problemu, którego rozwiązanie lub przynajmniej załagodzenie przyczyni się do zbliżenia się do stanu zrównoważonego rozwoju. Właściwa identyfikacja zagadnienia wymaga szerokich konsultacji z interesariuszami w połączeniu z wieloaspektową analizą ich wyników. Proces identyfikacji zagadnienia zwykle obejmuje następujące etapy: a) sporządzenie katalogu działań ludzkich, b) odwzorowanie hierarchii i zależności instytucjonalnych, c) odwzorowanie głównych grup interesariuszy, d) konsultacje z interesariuszami, e) określenie hierarchii zagadnień i wybór najważniejszego z nich, f) analiza wybranego zagadnienia za pomocą takich narzędzi jak DPSIR (*Drivers – Pressures – State – Impact – Response*) czy CATWOE (*Customers – Actors – Transformation – Worldview – Owners – Environmental constraints*).

Drugim krokiem w metodyce podejścia systemowego jest **projektowanie systemu**. Ma on na celu zdefiniowanie conceptualnego modelu, to znaczy łańcucha procesów i działań prowadzących do rozwiązania zidentyfikowanego zagadnienia. Zazwyczaj opracowany model conceptualny zawiera elementy analizy ekonomicznej w celu oceny ekonomicznej opłacalności rozważanych wariantów rozwiązania.

Zasadniczym elementem metodyki podejścia systemowego jest etap trzeci – **formułowanie systemu**. Polega on na zbudowaniu zestawu powiązanych modeli numerycznych opisujących procesy fizyczne i ekologiczne związane z wdrożeniem proponowanego rozwiązania w połączeniu ze szczegółową oceną ekonomiczną związanych z tym kosztów i korzyści. Jest to najtrudniejszy element prezentowanej metodyki, ponieważ wymaga on szczegółowej eksploracji danych potrzebnych do precyzyjnej kalibracji całego zestawu modeli i dużej dokładności użytych modeli numerycznych. W praktyce realizacja tego etapu wymaga często powrotu do projektowania systemu i jego modyfikacji, co pociąga za sobą powtórzenie kalibracji tworzonego zestawu modeli. Iteracje te trzeba powtarzać aż do osiągnięcia pożądanego wyniku (albo stwierdzenie, że postulowanego rozwiązania nie da się osiągnąć przy aktualnym stanie wiedzy).

Elementem czwartym jest **ocena systemu**. W etapie tym za pomocą wykalibrowanych modeli dokonuje się obliczeń szeregu scenariuszy, spośród których będzie wybrane ostateczne optymalne rozwiązanie.

Etapem wieńczącym zastosowanie metodyki podejścia systemowego jest tak zwane **wyjście systemu**, czyli wybór jednego z opracowanych wariantów rozwiązania zagadnienia zidentyfi-



Rys. 1. Pętla zewnętrzna i wewnętrzna metodyki podejścia systemowego

kowanego na etapie pierwszym. Wykonuje się to poprzez przedstawienie decydującym oraz opinii publicznej proponowanych wariantów rozwiązań. Wymaga to dalszych szczegółowych konsultacji z interesariuszami; może przy tym zaistnieć sytuacja, że żaden z zaproponowanych scenariuszy rozwiązania nie znajdzie akceptacji i etapy drugi, trzeci i czwarty trzeba będzie powtórzyć.

IDENTYFIKACJA ZAGADNIENIA

Zalew Wiślany jest akwenem wyjątkowo delikatnym z ekologicznego punktu widzenia, głównie ze względu na zakumulowane i ciągle dopływające ładunki biogenów. Ich dopływ następuje z dość dużej zlewni, a mała głębokość akwenu oraz duże ilości zakumulowanych w przeszłości biogenów powodują duże i uciążliwe zakwity wody latem. Duża powierzchnia Zalewu w porównaniu z jego głębokością powoduje szybkie mieszanie wody w całej objętości Zalewu, nawet w przypadku niezbyt silnych wiatrów. Powoduje to resuspensję osadów, zmętnienie wody i uwolnienie zakumulowanych biogenów do wody.

Powierzchnia dna wschodniej części Zalewu jest pokryta głównie mułem, w którym zawartość cząstek ilastych zwiększa się w kierunku północno-wschodnim, a tylko na odcinku przyujściowym skłonu podwodnego delty Nogatu oraz wzdłuż brzegu północnego i południowego występuje piasek, rzadko przerywany osadami mulistymi [2]. Dno części środkowej Zalewu Wiślanego pokryte jest mułem [2]. Na południowo-wschodnim skłonie podwodnym brzegu występuje kilka ilasto-piaszczystych i dwie kamienne mielizny [2]. Według [6] typowym osadem w polskiej części Zalewu Wiślanego są muły: piaszczyste, pośrednie i ilaste. Ogólnie, ich warstwa wzrasta w kierunku mierzei, gdzie osiąga przy brzegach ponad 10 m grubości. Muły w warstwie stropowej są zróżnicowanej konsystencji, od półpłynnej do miękkoplastycznej, a w warstwie spągowej – silnie sprasowane (twardoplastyczne) [2]. Występowanie dna mulistego stanowi poważne utrudnienie dla wszystkich działań związanych z utrzymaniem głębokości nawigacyjnych na Zalewie ze względu na szybkie замуłowanie torów żeglugowych spowodowane nie tylko transportem osadów, lecz również spływem miękkoplastycznych lub półpłynnych mulów tworzących skarpy torów żeglugowych.

Oprócz trudnej sytuacji ekologicznej Zalewu, jego okolice zmagają się także z trudną sytuacją ekonomiczną. Bankructwo sieci PGR podczas transformacji do gospodarki rynkowej oraz bankructwo wielu innych firm i przedsiębiorstw spowodowało trwałą stagnację ekonomiczną oraz wynikające z tego zubożenie ludności. W rezultacie obszary nadzalewowe cechuje słaba gęstość zaludnienia ($15 \div 30$ osób na km^2). **Z tego względu zrównoważony rozwój Zalewu musi głównie dotyczyć poprawy jakości życia mieszkańców przez przezwyciężenie stagnacji ekonomicznej.** Zdanie to wyraża określenie zagadnienia analizowanego dalej za pomocą podejścia systemowego. Tezę tę sformułowano, opierając się na wiedzy zgromadzonej w trakcie poprzednich projektów, szeroko prowadzonych konsultacji z interesariuszami oraz wynikami badań własnych. Wyniki poprzednich projektów zwracały uwagę na niedostateczną infrastrukturę komunikacyjną do, od oraz pomiędzy miejscowo-

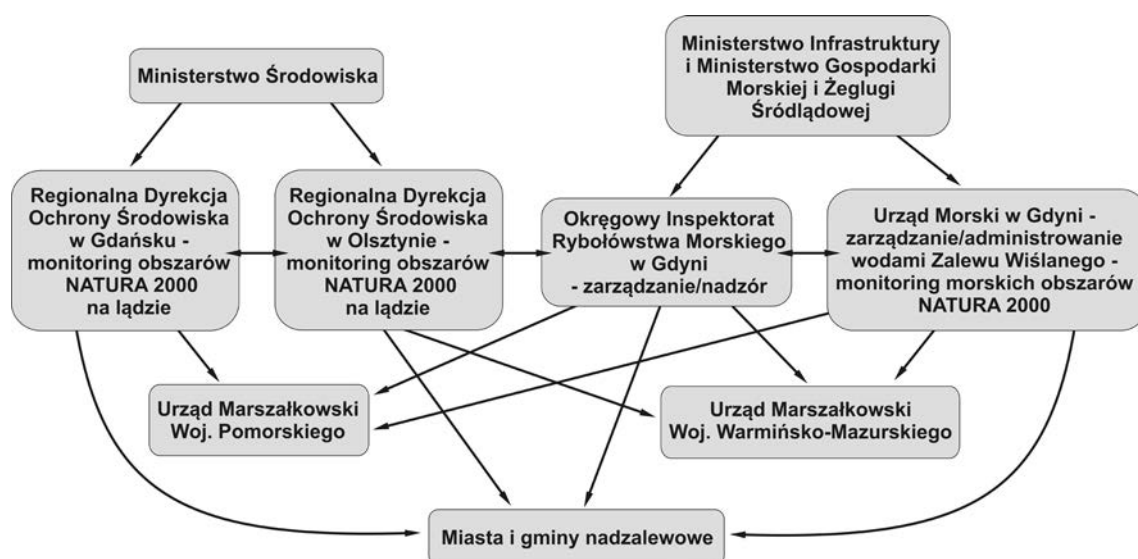
ściami nadzalewowymi, brak wykwalifikowanej siły roboczej oraz trudną sytuację ekologiczną Zalewu. Problemy te stanowią główne przeszkody rozwoju tradycyjnych gałęzi przemysłu. Z tego względu uznano, że najbardziej obiecującą ścieżką odrodzenia gospodarczego gmin nadzalewowych jest wykorzystanie jego naturalnych walorów związanych z turystyką wodną. Ostatecznej identyfikacji zagadnienia, w jaki sposób poprawić standard życia mieszkańców gmin nadzalewowych, dokonano podczas ostatniej rundy konsultacji z interesariuszami jesienią 2015 roku. Postanowiono wtedy, że modernizacja istniejących i budowa nowych kanałów żeglugowych oraz marin będzie stanowić wystarczający impuls do stworzenia silnego sektora usług turystyki wodnej jako motoru rozwoju lokalnej gospodarki. Ideę tę mocno wsparła decyzja rządu RP z 2016 roku o budowie przepłoku przez Mierzę Wiślaną i kanału żeglugowego do portu w Elblągu. Po ukończeniu w 2022 roku projekt ten zapewni niezależny dostęp do Morza Bałtyckiego, usuwając jedną z głównych barier rozwoju gospodarki nadzalewowej i otwierając polską część Zalewu na ruch turystyczny zagranicznych jednostek rekreacyjnych. Należy przy tym pamiętać o zasadniczo politycznym charakterze decyzji o budowie przepłoku i niepewności związanej z planowanym rozwojem przeładunków w Elblągu, które mają osiągnąć wolumen 1,5 mln ton 10 lat po ukończeniu przepłoku.

Identyfikację poszczególnych części zagadnienia rozpoczęto przez inwentaryzację rodzajów działalności ludzkiej, wykorzystując konsultacje z interesariuszami. Listę tę przedstawiono w tabl. 1. Pokazano w niej, że większość działań jest związana z rybołówstwem i turystyką, włącznie z turystyką wodną, której rozwój wymaga stosownych kanałów żeglugowych na Zalewie. Stanowi to istotną przesłankę przy określaniu scenariuszy odbudowy ekonomicznej gmin nadzalewowych. Należy przy tym podkreślić, że klasyczne użytkowanie plaż uznano za istotne jedynie w rejonie Mierzei. Co ciekawe, plaże na Mierzei okazały się jedną z ważnych przesłanek stworzenia zmodernizowanej sieci kanałów żeglugowych w polskiej części Zalewu dla większości turystów, których głównym celem jest wypoczynek na słońcu i kąpiele w (czystszy) morzu. Z tego powodu łatwiejszy dostęp do plaż dla turystów spędzających urlop na południowych brzegach Zalewu ma integrować lepiej prosperujący obszar Mierzei z południowymi brzegami przez stworzenie zachęt dla nich do odwiedzin plaż. Lepsza struktura nawigacyjna jest też istotna dla turystów przemierzających się po Zalewie własnymi łodziami (boating).

Drugim elementem w procesie identyfikacji zagadnienia było odwzorowanie wzajemnych powiązań instytucji uczestniczących w zarządzaniu Zalewem, co pokazano na rys. 2. Głównym decydującym na szczeblu regionalnym jest Urząd Morski w Gdyni. W jego gestii znajdują się uprawnienia w zakresie wykonywania robót pogłębiarskich. Konsultacje z Urzędem są także wymagane podczas projektowania (roz)budowy marin. Rola Regionalnych Dyrekcji Ochrony Środowiska w województwie pomorskim i warmińsko-mazurskim polega na wydawaniu pozwoleń środowiskowych oraz monitorowaniu obszarów NATURA 2000 na lądzie. Rola Okręgowego Inspektoratu Rybołówstwa w Gdyni polega głównie na nadzorowaniu rybołówstwa, inspekcji praktyk i procedur w procesie rybołówstwa.

Tabl. 1 Rodzaje działalności ludzkiej na Zalewie Wiślanym

Rodzaj działalności	Grupy interesariuszy związane z daną działalnością	Problemy związane z daną działalnością
Rybolówstwo w Nowej Pasłęce, Piaskach, Fromborku, Kątach Rybackich, Suchacz, Krynicy Morskiej, Tolkmicku i Kamienicy Elbląskiej.	Związki rybackie, Zarządy Portów, właściciele jednostek tam cumujących, Okręgowy Inspektorat Rybolówstwa w Gdyni z oddziałami we Fromborku i Sztutowie.	Limity połowowe, nieregularność zarybiania (węgorz).
Ochrona środowiska: cała polska część Zalewu jest obszarem NATURA 2000 (PLB280010, PLH280007).	Ekolodzy: organizacje i instytucje wdrażające implementację programu NATURA 2000 (UM Gdynia, Woj. Dyrekcje Ochrony Środowiska w Gdańsku i Olsztynie).	Problemy związane z rozrostem rodzimej populacji kormoranów.
Sektor usług turystycznych – hotele, restauracje, porty i przystanie w Nowej Pasłęce, Piaskach, Fromborku, Kątach Rybackich, Suchacz, Krynicy Morskiej, Tolkmicku, Kamienicy Elbląskiej, Kadynach.	Właściciele hoteli i restauracji, Kapitanaty/Bosmanaty portów, władze lokalne zainteresowane rozwojem sektora usług turystycznych.	Niestabilna turystyka transgraniczna ze względu na stosunki z Federacją Rosyjską, izolacja Zalewu od reszty EU.
Żegluga handlowa do portu w Elblągu i przeładunki.	Zarząd Portu w Elblągu, władze Elbląga, firmy żeglugowe i spedycyjne.	Izolacja portu w Elblągu od Morza Bałtyckiego.
Intensywne wykorzystanie plaż na Mierzei.	Sektor turystyczny Mierzei; właściciele hoteli, restauracji i kampingów.	Zatory komunikacyjne w letnim sezonie turystycznym.
Drobna działalność handlowo-usługowa.	Właściciele sklepów i drobnych zakładów produkcyjno-usługowych.	Przewaga małych firm o ograniczonej zdolności kredytowej – zapóźnienie ekonomiczne gmin nad Zalewem.
Działalność rolnicza na południowym brzegu Zalewu.	Rolnicy, władze lokalne.	Konsekwencje upadku PGR-ów; trwałe bezrobocie.



Rys. 2. Schemat powiązań instytucji zarządzających Zalewem Wiślanym

Następnie inwentaryzację rodzajów działalności oraz odwzorowanie powiązań między instytucjami przeanalizowano za pomocą narzędzi DPSIR i CATWOE. W schemacie DPSIR poprawa jakości życia oraz tworzenie miejsc pracy zdefiniowano jako czynnik sprawczy (Driver). Następnie rozwój marin i utrzymanie torów podejściowych określono jako presję na ekosystem Zalewu (Pressure). W następnej kolejności określono stan (State) Zalewu, którego głównymi elementami są naturalna płytkość akwenu oraz jego skład sedymentologiczny, zdominowany przez osady muliste i błotniste o słabej wytrzy-

małości, co jest głównym powodem słabej dostępności akwenu. Elementem antropogenicznym stanu jest płytkość istniejących torów podejściowych i wynikłe stąd ograniczenia w żegludze większych jednostek. W kolejnym kroku implementacji schematu DPSIR zdefiniowano wpływy (Impacts) wynikające z wykonania planowanych bagrowań torów podejściowych, które mogą powodować negatywne skutki dla środowiska związane z zagrożeniami dla populacji głównych gatunków ryb o dużym znaczeniu gospodarczym (głównie sandacz), takich jak zakłócenia rozrodu, wzrost natężenia hałasu podczas wykonywania

bagrowań oraz związane z bagrowaniem zmętnienie wody. Na koniec określono elementy odpowiedzi (*Response*), które mają minimalizować powyższe negatywne skutki. Zaproponowane instrumenty objęły wybór optymalnych okresów bagrowań, dokładne planowanie i wykonanie operacji depozycji osadów oraz ścisłe przestrzeganie procedur ograniczających hałas.

W następnej kolejności działania ludzkie oraz powiązania instytucjonalne przeanalizowano metodą CATWOE. Na początek określono klientów (*Customers*), którzy odniosą korzyści z realizacji (z)identyfikowanego zagadnienia. Grupa ta obejmuje władze portów na Zalewie, które będą mogły generować większe zyski z usług portowych, rybaków, którzy uzyskają lepszy dostęp do łowisk, sektor turystyczny, który będzie zapewniał usługi hotelowo-gastronomiczne i rozrywkowe dla większej liczby turystów, władze lokalne, które będą współtworzyć i współuczestniczyć w procesie przezwyciężania stagnacji ekonomicznej Zalewu oraz władze wojewódzkie, które skorzystają z lepszego zintegrowania całej polskiej części Zalewu. Nie stwierdzono wystąpienia żadnej grupy, która straci na implementacji proponowanych rozwiązań, jeżeli tylko będą zachowane wszystkie regulacje związane z ochroną środowiska, w szczególności okresy, w których można wykonywać bagrowanie i właściwe deponowanie osadów. Aktorami (*Actors*) zaangażowanymi w proces realizacji projektu są operatorzy portów, rybacy, sektor turystyczny i właściciele sklepów. W kroku następnym zdefiniowano transformację (*Transformation*) związaną z realizacją projektu. Jej elementami składowymi są: (a) nakłady – środki finansowe UM Gdynia jako głównej instytucji zarządzającej Zalewem, możliwe dodatkowe nakłady ze strony władz lokalnych oraz inwestorów prywatnych, wspomaganych przez fundusze EU, (b) skutki: usprawniona żegluga, deponowanie osadów oraz (c) kroki pośrednie: 1) określenie optymalnych okresów bagrowań, 2) wykonanie oceny oddziaływania na środowisko, 3) wyznaczenie obszarów deponowania osadów, 4) wykonanie przetargu na prace pogłębiarskie. Następnym etapem implementacji schematu CATWOE jest zdefiniowanie światopoglądu (*Worldview*), który opisuje percepcję obecnej sytuacji na Zalewie. Stwierdzono tutaj, że izolacja polskiej części Zalewu jest główną przyczyną zapóźnienia ekonomicznego gmin nadzalewowych, co skutkuje wysokim bezrobociem i starzeniem się lokalnej ludności oraz jej ogólnym zubożeniem. Z drugiej strony Zalew ma istotne atuty, które należy wykorzystać – głównym atutem jest jego atrakcja turystyczna. W kroku następnym określono tak zwanych właścicieli zagadnienia (*Owners*); najważniejszym z nich jest UM Gdynia, posiadający pełną jurysdykcję na akwenie i przyległym obszarze przybrzeżnym (pas techniczny i ochronny). Pozostałe instytucje pełnią role uzupełniające: (1) regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska wydają pozwolenia środowiskowe oraz współpracują przy realizacji polityk ochronnych związanych z ochroną środowiska oraz kontroli procesu inwestycyjnego (włącznie z oceną oddziaływania na środowisko), monitorują lądowe obszary NATURA 2000 (obszary wodne NATURA 2000 znajdują się w gestii UM Gdynia), (2) Okręgowy Inspektorat Rybołówstwa zajmuje się inspekcjami używanego sprzętu połowowego oraz przestrzeganiem okresów ochronnych, (3) Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska nadzorują i monitorują stan środowiska oraz (4) organizacje pozarządowe nagłaśniające negatywne od-

działywania na środowisko za pomocą instrumentów komunikacji społecznej. Ostatnim elementem schematu CATWOE jest środowisko (*Environment*); minimalizacja negatywnych skutków planowanych bagrowań będzie wymagać wykonania szeregowego monitoringu pozyskanego osadu w kierunku obecności substancji toksycznych oraz wyznaczenia bezpiecznych obszarów jego deponowania.

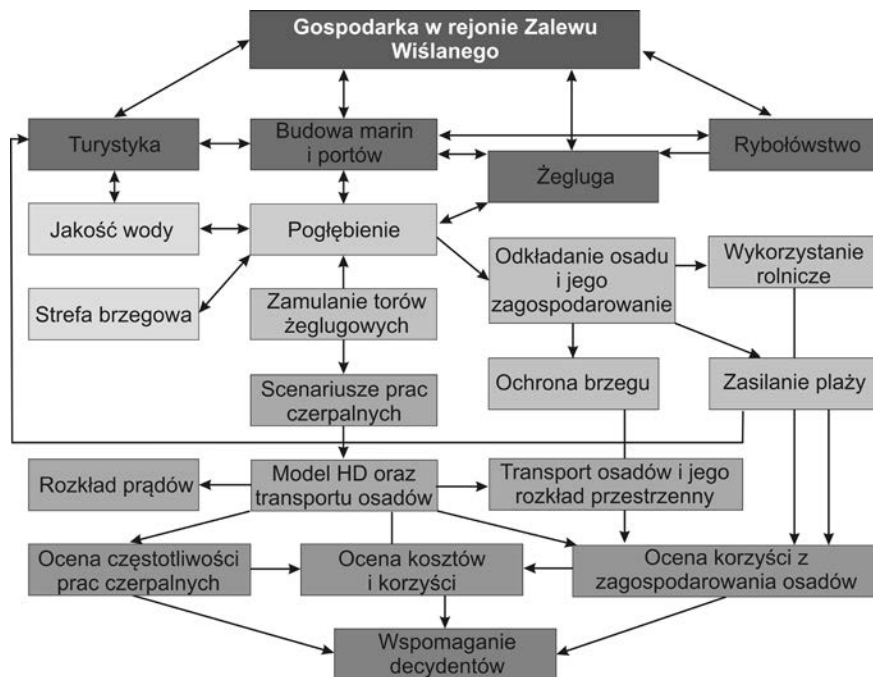
Podsumowując, schemat DPSIR pozwolił na określenie łańcucha przyczynowo-skutkowego, który pokazuje, jak implementacja podejścia systemowego powinna przełożyć się na pożądaną odpowiedź ekosystemu Zalewu Wiślanego; jest to schematyzacja zagadnienia nakierowana na analizę procesu. Z drugiej strony, schemat CATWOE pozwolił na identyfikację beneficjentów oraz głównych instytucji wdrażających metodykę podejścia systemowego w uwarunkowaniach ekologicznych i ekonomicznych danego ekosystemu; schemat CATWOE jest zatem nakierowany na analizę obiektową. Zastosowane razem oba schematy wytworzyły synergię, dzięki której możliwe było precyzyjne uzasadnienie konieczności i sposobu rewitalizacji ekonomicznej Zalewu.

PROJEKTOWANIE SYSTEMU

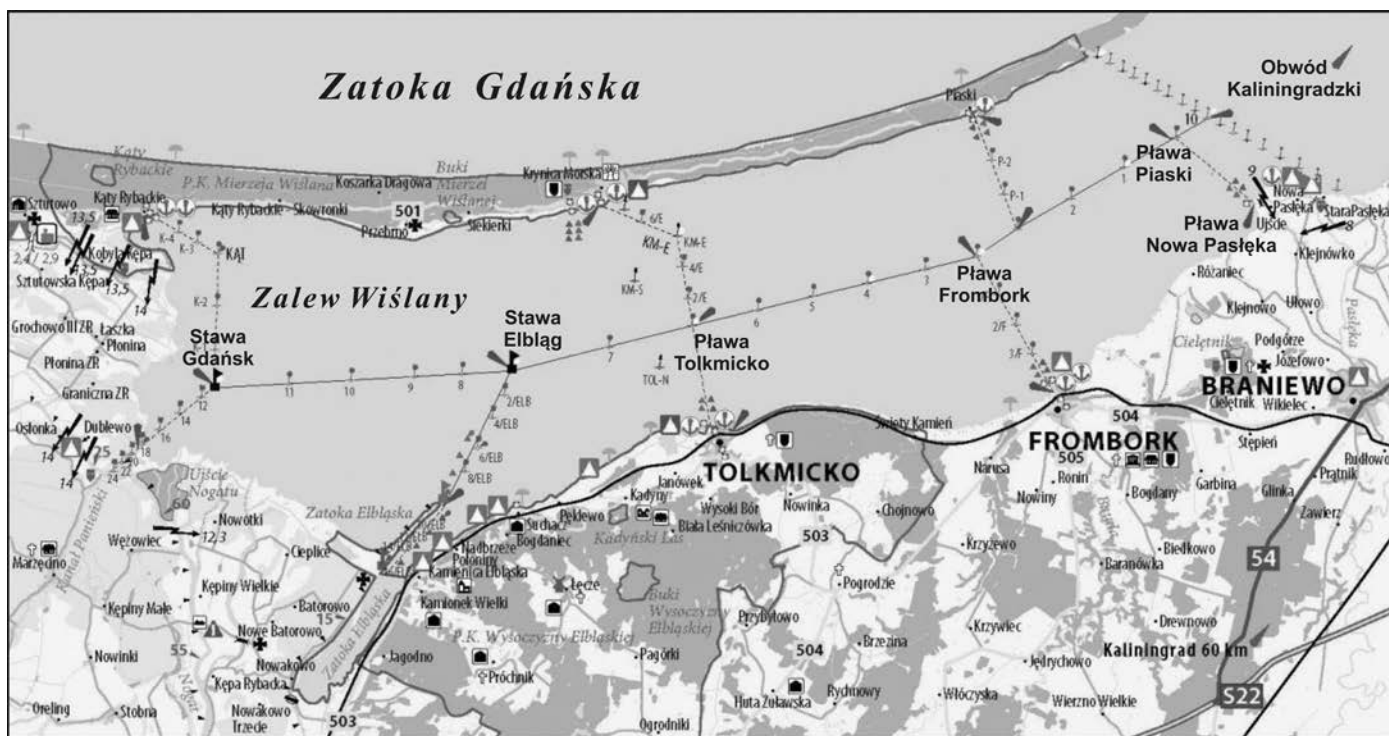
Kolejnym etapem implementacji metodyki podejścia systemowego jest tak zwane projektowanie systemu, czyli określenie wszystkich procesów, które wydarzą się w trakcie realizacji przyjętego scenariusza rozwiązania zidentyfikowanego w kroku poprzednim zagadnienia. W tym celu opracowuje się tak zwany diagram konceptualny zawierający wszystkie połączenia i sprzężenia występujące między procesami uruchomionymi przez realizację scenariusza. Diagram ten przedstawiono na rys. 3, na którym pokazano, że gospodarka Zalewu jest zależna od ruchu turystycznego, stanu portów i marin, żeglugi i rybołówstwa (zob. drugi rząd na rys. 3). Istotne są tu dwukierunkowe zależności między gospodarką a wymienionymi wyżej działaniami, które mogą wywierać zarówno efekty pozytywne, jak i negatywne. W analizowanym przypadku widać wyraźnie, że rozwój ruchu turystycznego będzie mieć dodatni wpływ na rozwój gospodarczy gmin nadzalewowych.

Bagrowanie, przedstawione na rys. 3 w trzecim rzędzie, pokazuje swój związek z rozwojem portów i marin oraz ruchu żeglugowego, co oznacza, że rozwój tego ostatniego wymaga zarówno bagrowania żeglugowych torów podejściowych, jak też modernizacji portów i marin. Modernizacja ta ma prowadzić do zwiększenia ruchu żeglugowego. Prace pogłębiarskie są wzajemnie powiązane z możliwym pogorszeniem parametrów jakości wody oraz stanu obszarów przybrzeżnych ze względu na odkładanie wybagrowanego urobku. Równocześnie, prace te są nieodzowne ze względu na zamulanie torów żeglugowych i konieczność utrzymania ich parametrów. Na rys. 3 pokazano też, że istnieje szereg możliwości zagospodarowania wybagrowanego urobku, takie jak: ich zagospodarowanie w rolnictwie, sztuczne zasilanie plaż oraz budowa obwałowań – jeżeli tylko właściwości mechaniczne urobku są adekwatne do tego rodzaju zastosowań.

Zamulanie torów żeglugowych powoduje, że należy dokonać opracowania scenariuszy i harmonogramów robót czerpal-



Rys. 3. Konceptualny diagram połączeń w systemie Zalewu Wiślanego



Rys. 4. Schemat istniejących torów żeglugowych na Zalewie Wiślanym

nych w ścisłym powiązaniu z szeroko rozumianą hydro- i litydynamiką akwenu w celu oceny przewidywanych objętości tych robót i częstotliwości ich wykonywania. Powiązane jest to z oceną kosztów tych operacji i korzyści wynikłych z utrzymania założonych parametrów torów żeglugowych.

Najważniejszym rezultatem projektowania systemu jest schematyzacja procesów wywołanych przez planowane rozwiązanie zagadnienia. W przypadku Zalewu zdefiniowany w tym

roku system wyraźnie pokazuje, że zamierzona interwencja w funkcjonowanie Zalewu poprzez rozwój infrastruktury żeglugowej i wynikłe stąd roboty czerpalne stanowi duże wyzwanie dla dokładnego modelowania przewidywanego tempa zamułania pogłębionych torów żeglugowych oraz związanej z tym analizy kosztów i korzyści. Proponowane rozwiązanie powinno: a) minimalizować koszty, b) minimalizować negatywny wpływ na środowisko, c) maksymalizować korzyści ekonomiczne

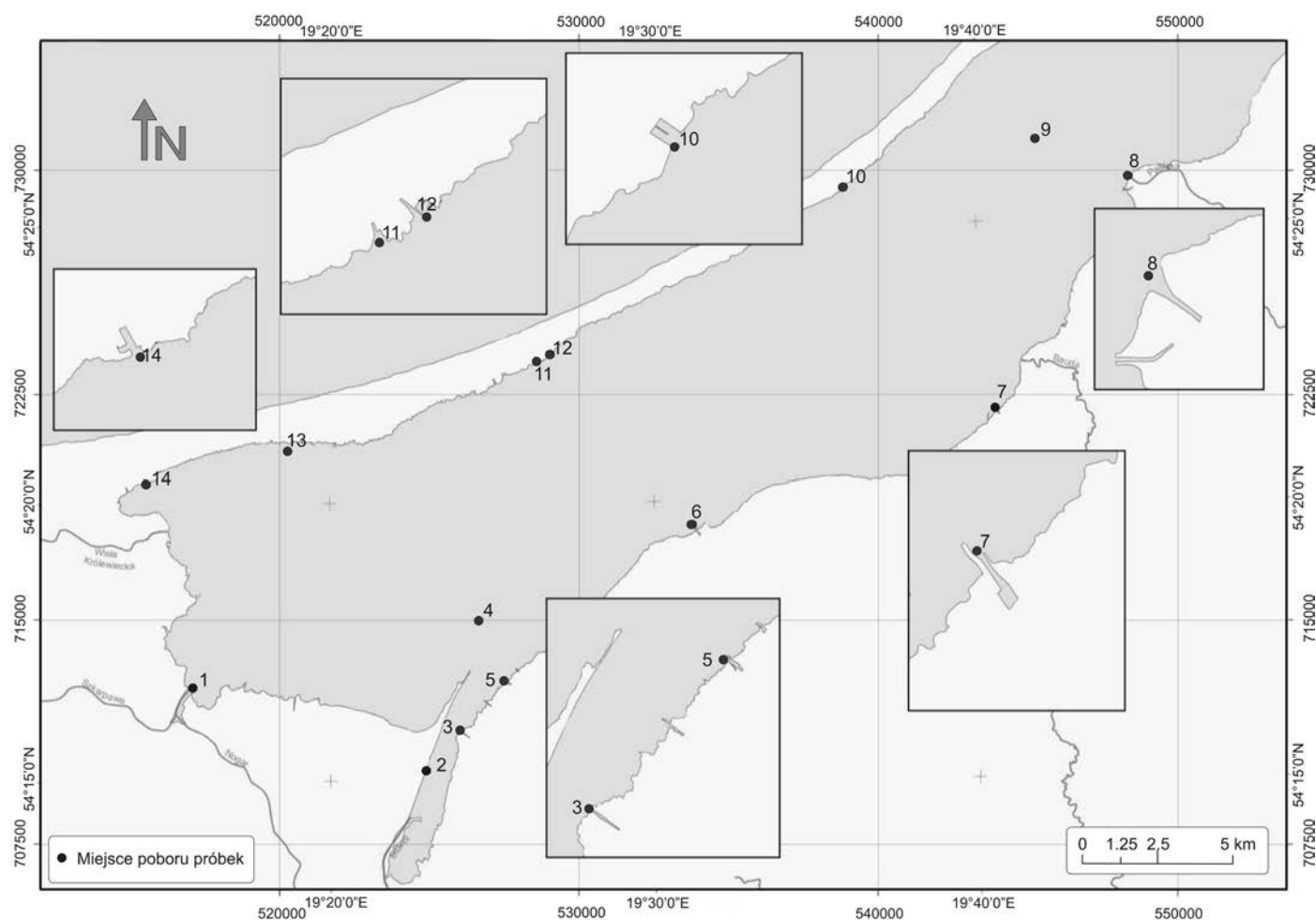
związane z tworzeniem nowych miejsc pracy w zmodernizowanych portach, powstaniem nowych inicjatyw gospodarczych w sektorze turystycznym (hotele, restauracje...) oraz d) maksymalizować korzyści uboczne, na przykład przez właściwe wykorzystanie bagrowanego urobku, na przykład w rolnictwie lub przez stworzenie bezpiecznych habitatów dla flory i fauny (sztuczne wyspy z ograniczonym dostępem).

Istniejącą konfigurację głównych torów żeglugowych na Zalewie przedstawiono na rys. 4. Głównym zewnętrznym bodźcem do rozwoju gospodarki na Zalewie jest decyzja Rządu RP z maja 2016 dotycząca budowy drogi wodnej łączącej Zalew Wiślany z Zatoką Gdańską. Kanał ten ma mieć głębokość 5 m i umożliwić żeglugę jednostek o długości do 100 m i szerokości do 20 m. Docelowo kanał ma umożliwić przeładunki rzędu 1,5 mln ton rocznie przez port w Elblągu, najpóźniej 10 lat po ukończeniu inwestycji w 2022 roku. Ma to gwarantować ekonomiczną opłacalność przekopu. Decyzja Rządu RP o budowie przekopu będzie finansowana ze środków centralnych i nie obciąży budżetów gmin nadzalewowych. Wpłynęła ona jednak w znacznym stopniu na dalsze prace związane z zastosowaniem podejścia systemowego w analizie funkcjonowania Zalewu, gdyż wykonanie przekopu otworzy polską część Zalewu na żeglugę zewnętrzną, co może być wysoce korzystne dla ruchu w innych portach na Zalewie poza Elblągiem. Ponadto 5,3 mln

m³ urobku, który będzie wybagrowany podczas budowy przekopu, będzie zdeponowane na Zalewie w formie sztucznej wyspy o powierzchni 190 hektarów. Pokazuje to sposób wykorzystania urobku pozyskanego przy bagrowaniu innych torów żeglugowych na Zalewie.

Ryzyku, że Elbląg pozostanie jedynym beneficjentem przekopu, można zapobiec przez pogłębienie pozostałych kanałów żeglugowych i podejść do portów i marin, stosując poniższy dwukrokowy schemat: 1) określenie docelowych głębokości i szerokości kanałów nawigacyjnych oraz 2) określenie tempa zamulania tych kanałów i wymaganych przez zamulanie częstotliwości ich pogłębiania. Krok pierwszy determinuje koszty początkowe, a drugi koszty bieżące związane z utrzymaniem zmodernizowanej infrastruktury żeglugowej. Koszty te można określić, mnożąc objętość osadów zamulających kanały przez jednostkowy koszt bagrowania. Następnie koszty te należy porównać ze spodziewanymi korzyściami związanymi ze wzrostem wolumenu towarów przewożonych przez Zalew i spodziewany wzrost natężenia ruchu turystycznego. Są to elementy oceny systemu, który będzie omówiony w dalszej części artykułu.

W procesie projektowania systemu zgromadzono wszystkie potrzebne dane. Obejmują one dane o parametrach sedymentologicznych osadów, które są potrzebne do kalibracji modeli transportu osadów w procesie zamulania torów żeglugowych.



Rys. 5. Miejsca poboru próbek osadów w polskiej części Zalewu Wiślanego

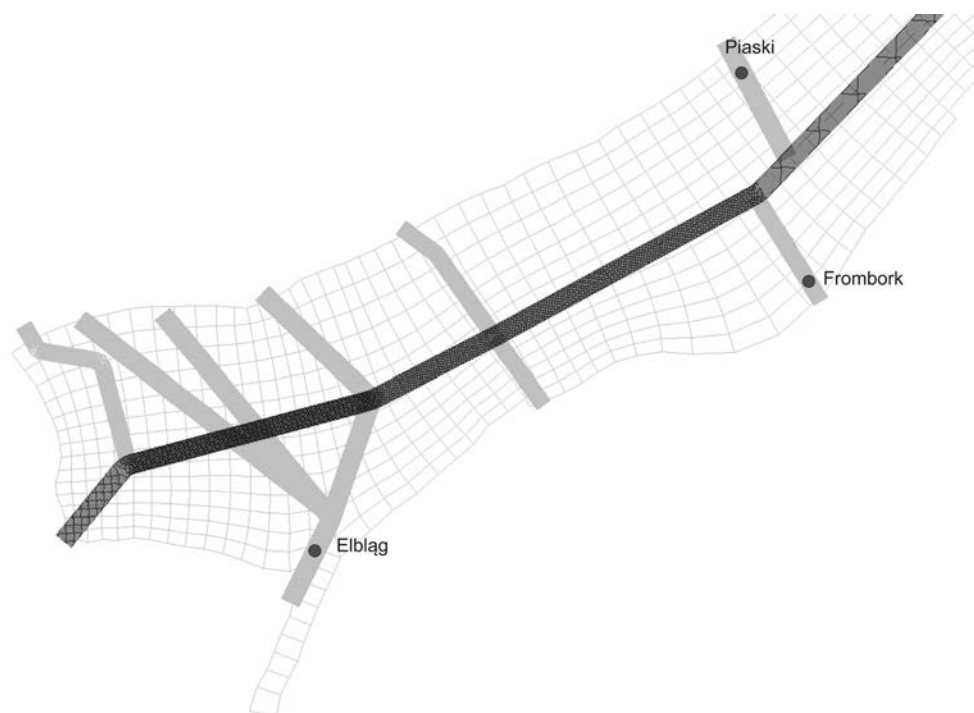
W tym celu pobrano próbki osadu z 14 lokalizacji w pobliżu istniejących portów (zob. rys. 5). Badania makroskopowe tych próbek pozwoliły na określenie rodzaju osadów: są to głównie muły i piaski muliste o średniej zawartości materii organicznej. Znajdują się one zwykle w stanie miękkoplastycznym lub półpłynnym (bliżej powierzchni kontaktu w wodą). Osady piaszczyste występują rzadko. Próbkę osadów poddano też analizie fizykochemicznej. Badane osady charakteryzowały się podwyższoną zawartością substancji biogenicznych oraz stosunkowo małą zawartością metali, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i polichlorowanych bifenyli; nie stwierdzono zatem występowania żadnej substancji szkodliwej w stężeniu groźnym dla funkcjonowania ekosystemu Zalewu. Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi analizami wykonanymi na potrzeby projektowanego przekopu Mierzei Wiślanej [5]. Pozwala to na wykorzystanie urobku z bagrowania torów żeglugowych do tworzenia sztucznych wysp na Zalewie lub wypełniania nim niepożądanych obniżen terenu w sąsiedztwie Zalewu. Z drugiej strony, określenie parametrów wytrzymałościowych osadu pozwoliło na opracowanie ogólnych wytycznych do modelowania tempa zamulania torów żeglugowych. Oprócz ogólnych parametrów tła hydrodynamicznego Zalewu do wiarygodnego modelowania tempa zamulania kanałów potrzebne są takie wielkości jak: krytyczne naprężenie styczne początku ruchu osadów oraz prędkość opadania ziaren w toni wodnej. Wykonanie analizy parametrów wytrzymałościowych osadów pozwoliło na określenie tych bardzo ważnych wielkości. Dane dotyczące tła i wymuszeń hydrodynamicznych zaczerpnięto z wyników poprzednich badań (projekt FP7 LAGOONS, *Integrated water resources and coastal zone management in European lagoons in the context of climate change*) oraz uszczegółowiono w ramach projektu BaltCoast.

FORMUŁOWANIE SYSTEMU

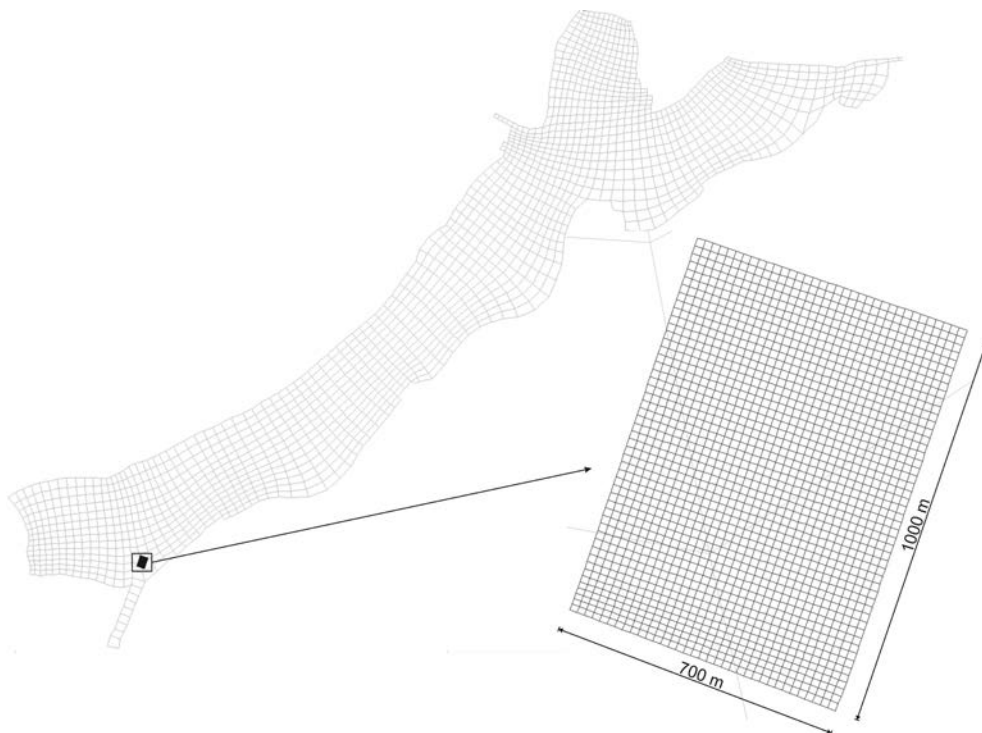
Modelowanie tempa zamulania torów żeglugowych wykonano za pomocą pakietu numerycznego DELFT3D *modeling suite* [3]. Jest to problem wart osobnego artykułu naukowego, ale do celów obecnej publikacji będzie on omówiony skrótowo.

Modelowanie transportu osadów wymaga określenia pola falowo-prądowego w kolumnie wody z uwzględnieniem obszaru przydenne, czyli prędkości i kierunków przepływu wody we wszystkich węzłach siatki obliczeniowej. Z tego względu zgromadzono informacje o polu wiatrowym, dopływach rzecznych, intruzji wody słonej do akwenu Zalewu oraz poziomach wody na brzegach obszaru modelowania. Klimat falowy zrekonstruowano w oparciu o równanie bilansu działania falowego w modelu SWAN, używając danych z pola wiatrowego jako wejście tego modelu. Następnie obliczono trójwymiarowe pole prądowe za pomocą równań ciągłości i zachowania pędu. Pakiet DELFT3D do obliczeń pola prądowego wykalibrowano dla całego obszaru Zalewu (część polska i rosyjska) z uwzględnieniem wpływu Morza Bałtyckiego poprzez Cieśninę Piławską. Na rys. 6 przedstawiono polską część Zalewu wraz z częścią siatki obliczeniowej do obliczeń parametrów tła hydrodynamicznego na Zalewie. Kropki na podejściach do Piasków, Elbląga i Fromborka oznaczają miejsca symulacji tempa zamulania kanałów żeglugowych. Na rys. 7 pokazano z kolei całą globalną siatkę obliczeniową i przedstawiono zagnieżdżenie siatki lokalnej dla podejścia do portu w Elblągu; w ten sam sposób zagnieżdżono siatki obliczeniowe dla Fromborka i Piasków.

Na podstawie konsultacji z interesariuszami wybrano kilka scenariuszy modelowania tempa zamulania kanałów żeglugowych:



Rys. 6. Siatka do obliczeń hydrodynamiki w polskiej części Zalewu Wiślanego i miejsca symulacji tempa zamulania/zapiaszczania kanałów żeglugowych



Rys. 7. Siatka globalna do obliczeń hydrodynamicznych i zagnieźdzona siatka do obliczeń tempa zamulania kanałów żeglugowych

1. Modelowanie tła hydrodynamicznego oraz zamulania istniejących kanałów żeglugowych, jako podstawy porównawczej dla innych scenariuszy.
2. Modelowanie tła hydrodynamicznego i zamulania dla istniejących kanałów żeglugowych oraz budowy nowego kanału żeglugowego od przekopu Mierzei do portu w Elblągu dla dwóch wariantów:
 - a) nowy kanał będzie miał szerokość 60 m i głębokość 5 m,
 - b) nowy kanał będzie miał szerokość 100 m i głębokość 5 m.
3. Modelowanie tła hydrodynamicznego i zamulania dla istniejącej sieci torów żeglugowych utrzymywanych dla głębokości 3,5 m (co będzie wymagać pogłębiania jedynie części kanałów) wyłącznie z budową kanału do przekopu Mierzei o szerokości 60 m (jak w przypadku 2a).

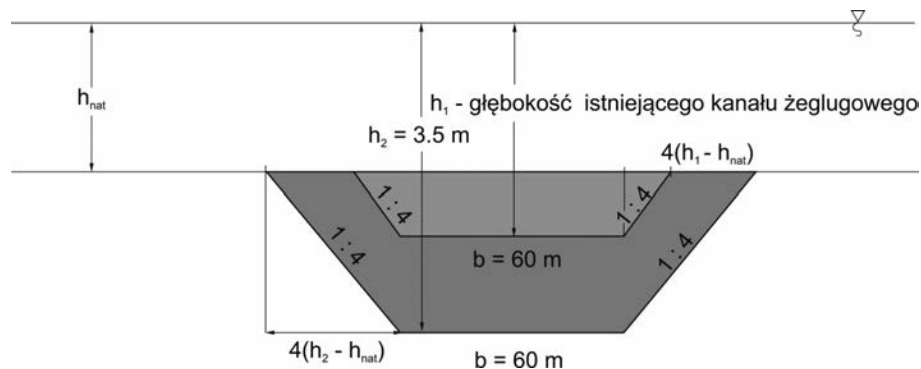
OCENA SYSTEMU

Pakiet DELFT3D skonfigurowany w etapie formułowania systemu w celu oceny tempa zamulania kanałów żeglugowych wykalibrowano i zwalidowano na podstawie poziomów wód i zasolenia. Po wykonaniu kalibracji i walidacji uzyskano zadowalającą dokładność obliczeń do celów symulacji scenariuszy założonych na etapie formułowania systemu.

Pierwszym krokiem w tym celu była ocena kosztów pogłębiania i poszerzenia torów żeglugowych dla zadanych parametrów geometrycznych. Obliczenia te wykonano na podstawie informacji o istniejących głębokościach kanałów otrzymanych

z UM Gdynia. Pozwoliło to na określenie scenariusza bazowego odtworzenia sieci kanałów przy założonej szerokości $b = 60$ m i głębokości $h = 3,5$ m. W tabl. 2 zawarto zestawienie długości wszystkich analizowanych kanałów żeglugowych. Na rys. 8 przedstawiono natomiast geometrię poprzeczną tych torów: szerokość istniejących torów przyjęto jako 60 m, a nachylenie ich skarp bocznych jako 1:4. Średnią głębokość toru od stawy Elbląg do pławy PIA przyjęto, na podstawie materiałów UM Gdynia, jako równą 2,5 m, natomiast pomiędzy stawami Gdańsk i Elbląg jako równą 2 m. Na podstawie obliczonych szybkości zamulań tych torów otrzymano objętość robót czerpalnych równą prawie 2,4 mln m^3 . Następnie, na podstawie jednostkowego kosztu robót czerpalnych w wysokości 40 zł/ m^3 otrzymano koszty tych robót na odtworzenie parametrów kanału głównego w wysokości 96 mln zł. Objętość robót czerpalnych kanałów bocznych (podejść do portów) o tych samych parametrach $h = 3,5$ m i $b = 60$ m obliczono jako 2,75 mln m^3 , co pociągnie za sobą koszty w wysokości 110 mln zł.

Zważywszy powyższe bardzo duże koszty, przyjęto do analizy wariant oszczędnościowy, przyjmując zmniejszoną głębokość kanałów żeglugowych $h = 2,5$ m. Na odcinku kanału głównego oraz na torach podejściowych do Tolkmicka i Fromborka oraz do Krynicy Morskiej pozostawiono szerokość kanałów jako równą 60 m. Szerokość podejść do pozostałych portów zmniejszono do 40 m. W scenariuszu tym roboty czerpalne w kanale głównym wyniosą jedynie 350 tys. m^3 , podejścia do Tolkmicka i Fromborka nie będą wymagały pogłębień, a podejście do Krynicy Morskiej wymagać będzie jedynie wydobywania 150 tys. m^3 urobku. W kategoriach finansowych pogłębienie kanału głównego pociągnie za sobą koszt w wysokości 14 mln zł, a podejścia do Krynicy Morskiej 6 mln zł. Modernizacja pozo-



Rys. 8. Geometria istniejących i zmodernizowanych kanałów żeglugowych

Tabl. 2. Długości przewidywanych do pogłębiania odcinków kanałów żeglugowych w polskiej części Zalewu Wiślanego

Kanał główny	
Od granicy państwa do pławy PAS:	0,6 Mm = 1,11 km
Od pławy PAS do pławy PIA:	2,9 Mm = 5,37 km
Od pławy PIA do pławy FRO:	0,9 Mm = 1,67 km
Od pławy FRO do pławy TOL:	5,9 Mm = 10,93 km
Od pławy TOL do stawy Elbląg:	2,7 Mm = 5,00 km
Od stawy Elbląg do stawy Gdańsk:	5 Mm = 9,26 km
Razem	18 Mm = 33,34 km
Podejścia do portów	
Od pławy PAS do Nowej Pasłęki:	1,3 Mm = 2,41 km
Od pławy PIA do Piasków:	2,5 Mm = 4,63 km
Od pławy FRO do Fromborka:	2,4 Mm = 4,44 km
Od pławy TOL do Tolkmicka:	1,5 Mm = 2,78 km
Od pławy TOL do Krynicy Morskiej:	2,4 Mm = 4,82 km
Od stawy Elbląg do Elbląga:	2,5 Mm = 4,82 km
Od stawy Gdańsk do ujścia Nogatu:	2,7 Mm = 5,00 km
Od stawy Gdańsk do Kątów Rybackich:	3,5 Mm = 6,48 km
Razem	19 MM = 35,38 km

stałych kanałów pociągnie za sobą natomiast roboty czerpalne o objętości 396 tys. m³ i wydatki w kwocie 15,84 mln zł.

Drugi krok obliczeń, to jest ocena tempa zamulania kanałów żeglugowych, związano z symulacjami tego procesu dla nowego kanału żeglugowego łączącego Elbląg z przekopem Mierzei w scenariuszu (3). Tempo zamulania dla istniejącego kanału ($h = 2,4$ m $b = 60$ m) oszacowano na 12 cm/rok. Wartość ta jest zgodna z obliczeniami tempa zamulania na podstawie udokumentowanych objętości bagrowań tego kanału żeglugowego wykonywanych na zlecenie UM Gdynia. W trakcie wykony-

wania symulacji okazało się, że oprócz zamulania wywołanego czynnikami hydrodynamicznymi drugim istotnym czynnikiem jest osuwanie się zboczy kanału zbudowanego z osadów w stanie miękkoplastycznym lub półpłynnym. Czynnikiem ten uwzględniono w dalszych symulacjach kanałów o innych parametrach. Dla wariantu kanału żeglugowego Mierzeja – port w Elblągu ($h = 5$ m, $b = 60$ m) obliczone tempo zamulania wyniosło 37 cm/rok (zob. rys. 6). Oznacza to, że w celu utrzymania parametrów kanału będzie on musiał być pogłębiany co roku ze względu na intensywne zamulanie kanału w tym rejonie. Zakładając, że minimalna dopuszczalna głębokość kanału nie może być mniejsza niż 4,5 m, objętość corocznych robót czerpalnych mających na celu utrzymanie żeglowności będzie rzędu 90 tys. m³, co pociągnie za sobą wydatki rzędu 3,6 mln zł. Obliczone tempo zamulania jest zbliżone do szacunkowych obliczeń wykonanych w 2009 roku przez Instytut Budownictwa Wodnego PAN na rzecz UM Gdynia, które przewidują nieco większe roczne tempo zamulania rzędu 50 cm/rok [10]. Dalej na północ od tego miejsca osady są już bardziej stabilne i ich tempo zamulania (nie obliczane w niniejszej analizie) oceniane jest na 4 cm/rok, co oznacza, że roboty czerpalne nie będą wykonywane często.

Zamulanie toru do Fromborka, obliczone dla obecnie istniejącej jego geometrii ($h = 2,4$ m, $b = 60$ m), jest niewielkie i wynosi 6 cm/rok. Taką samą wartość tempa zamulania otrzymano dla większej głębokości równej 3,5 m. Obliczenia te pokazują, że utrzymanie toru podejściowego do Fromborka będzie wymagało sporadycznych pogłębień co 5 ÷ 8 lat. Przy założeniu minimalnej głębokości tego kanału $h = 3$ m wzdłuż całego toru o długości 4,44 km okresowe pogłębianie tego toru będzie obejmować 133 tys. m³ oraz związanych z tym kosztów rzędu 5,3 mln zł.

Dwa powyższe przypadki przedstawiają oceny tempa zamulania kanałów żeglugowych w południowej części Zalewu. Trzecim analizowanym przypadkiem jest tor podejściowy do Piasków przy granicy z Federacją Rosyjską. Głębokości naturalne są tam większe niż w części zachodniej Zalewu. Ponadto, osady tworzące dno zawierają więcej ziarn piaszczystych przy granicy z Rosją. Z tego względu wykonane symulacje przewidują brak istotnych zmian dennych w rejonie torów żeglugowych (niewielkie zapiaszczanie – nie zamulanie). Sytuacja jest diametralnie różna w rejonie Kątów Rybackich. Dominują tam osady muliste, tak jak w rejonie Elbląga. Co istotne, natural-

ne głębokości są tam najmniejsze na całym Zalewie i wynoszą około 1,4 m. Z tego względu tempo zamulania powinno być co najmniej tak duże jak w rejonie Elbląga (około 40 cm/rok). Można stąd wywnioskować, że coroczne roboty czerpalne będą musiały być wykonywane na długim odcinku od stawy Elbląg poprzez stawę Gdańsk do Kątów Rybackich, którego długość wynosi prawie 16 km. Na tym odcinku roboty czerpalne będą miały objętość 500 tys. m³ przy związanych z tym kosztach rzędu 20 mln zł (rocznie!). Znacząca poprawa tej sytuacji wystąpi natomiast po ukończeniu przekopu Mierzei, gdyż zaistnieje wówczas możliwość budowy kanału łączącego Kąty Rybackie do nowego kanału żeglugowego z przekopu Mierzei do Elbląga.

WYJŚCIE SYSTEMU

Zaprezentowane powyżej wyniki symulacji przedstawiono podczas końcowego spotkania z interesariuszami w dniach 9 ÷ 11.01.2018. Reprezentowane grupy interesariuszy obejmowały ekspertów z UM Gdynia i Szczecin, przedstawicieli władz lokalnych z Tolkmicka i Sztutowa, reprezentantów sektora turystycznego z Pętli Żuławskiej oraz reprezentantów organizacji pozarządowych (EUCC Polska).

Scenariusz bazowy modernizacji kanałów żeglugowych ($b = 60$ m, $h = 3,5$ m) jednogłośnie odrzucono. Głównym tego powodem jest niezdolność władz lokalnych do wydatkowania ponad 200 mln zł na roboty czerpalne związane z pogłębieniem sieci kanałów i ich utrzymaniem. Uznano natomiast, że jedyną sytuacją, w której wariant ten mógłby być zrealizowany, byłaby budowa transeuropejskiej drogi wodnej E70, finansowana na terenie Polski przez Rząd RP. W takim przypadku koszt modernizacji kanału głównego od ujścia Nogatu/Szkarpany do granicy państwowej i jego utrzymania byłby pokryty w całości przez budżet państwa. W rezultacie, możliwość budowy drogi E70 postrakowano jako wizję (dalekiej) przyszłości.

Wariant konserwatywny utrzymywania głębokości torów żeglugowych na poziomie $h = 2,5$ m i szerokości 40 ÷ 60 m zyskał dość znaczną akceptację. Podczas dyskusji wyłoniła się istotna rola większych miejscowości (Krynica Morska na Mierzei i Tolkmicko oraz Frombork na południu). Miejscowości te mają potencjał, by utworzyć „twardy rdzeń” modernizacji i razem stworzyć regularną żeglugę pomiędzy sobą w okresie letnim, oferując możliwość komunikacji między brzegami Zalewu dla ruchu pieszego, rowerzystów i turystów zmotoryzowanych. Zapewnienie możliwości transportowych dla samochodów określono jako palący problem powodujący permanentne zakorkowanie dróg dookoła Zalewu w okresie letnim. Z tego powodu infrastruktura transportowa będzie potrzebować urządzeń do obsługi promów zapewniających transport samochodów i małych ciężarówek. Naturalnie, po ukończeniu przekopu, do wymienionych wyżej trzech miast dołączy również Elbląg. W każdym razie realizacja tego scenariusza będzie generować koszty w wysokości około 17 mln zł na pogłębienie kanałów oraz około 1,2 mln zł na coroczne koszty związane z ich utrzymaniem. Dyskutanci zgodzili się ze stwierdzeniem, że jest to najbardziej prawdopodobny wariant rozwoju działań związanych z wodą w rejonie Zalewu. Tym niemniej, związane z jego realizacją koszty, które są o rząd wielkości mniejsze niż scenariusz bazowy, będą poważnym obciążeniem dla lokalnych społeczności. W tym kontekście uzna-

no, że należy dokonać bardziej precyzyjnych ocen, w jakim stopniu zwiększy się ruch pojazdów i ludzi na Zalewie. Ciekawe dane przedstawił reprezentant Pętli Żuławskiej:

- Liczba turystów obsługiwana przez mariny i porty związane z Pętlą wzrosła z 29 tys. w roku 2015 do 124 tys. w 2015 i 154 tys. w 2016;
- Liczba turystów „wodnych” w roku 2016 wyniosła 13020 w stosunku do 141670 turystów „lądowych” w tym samym roku;
- 60% turystów „wodnych” w roku 2016 wizytowało Zalew w lipcu – sierpniu oraz prawie 98% pomiędzy majem a wrześniem, co pokazuje ogromną sezonowość zjawiska;
- Prawie 44% turystów „lądowych” w roku 2016 wizytowało Zalew w lipcu – sierpniu, a 76% między majem a wrześniem; sezonowość jest ciągle duża, lecz nie tak przygniatąca jak w przypadku turystów „wodnych”;
- Wykorzystanie marin, wyrażone za pomocą jachtodni, wzrosło z 22% w 2014 do 73% w 2015 i 92% w 2016;
- Liczba zawinięć do marin wzrosła z 1693 w 2014 do 5205 w 2015 i 6670 w 2016.

Informacje te można zinterpretować następująco:

- Gwałtowny wzrost zawinięć do marin/portów spowodował osiągnięcie pułapu możliwości istniejącej infrastruktury, wskazując, że dalszy rozwój turystyki wodnej będzie wymagał istotnej modernizacji w najbliższym czasie. Zjawiska tego nie uwzględniono w formułowaniu systemu. Tym niemniej, jest to obecnie czynnik krytyczny dalszego rozwoju gospodarki nadzalewowej związanej z turystyką wodną. Z tego względu należy niezwłocznie rozpocząć planowanie rozwoju i rozbudowy miejsc cumowania, pochylni (slipów), dostawy energii elektrycznej, usług sanitarnych, terminali promowych w większości istniejących marin/portów. Należy w tym kontekście pomyśleć o wykorzystaniu funduszy spójności EU do rewitalizacji obszarów ekonomicznie zapóźnionych. Zadania takie mogą zbyć podjęte przez władze lokalnych społeczności.
- Rozwój infrastruktury w największych marinach/portach musi uwzględnić ruch promów przez Zalew zdolnych do transportowania małych i średnich pojazdów. Ich godziny odjazdu/przyjazdu należy zsynchronizować z rozkładami jazdy autobusów na północy i południu Zalewu. W tym kontekście należy ocenić wzrost kosztów częstszego kursowania autobusów. Również koszty pociągnięć dodatkowych, takich jak budowa ścieżek rowerowych wokół Zalewu, powinny być oszacowane. Zadania te będzie można zrealizować tylko we współpracy pomiędzy gminami i operatorami ruchu promowego i autobusowego.
- Sezonowość turystyki lądowej, choć bardzo wyraźna, nie jest tak przygniatąca jak turystyki wodnej. Tym niemniej, należy oczekiwać, że ruch turystyczny na Zalewie będzie miał zawsze charakter sezonowy, co będzie skutkować sezonowością rynku lokalnego pracy i negatywnym wpływem na ogólną stabilność zatrudnienia.

WNIOSKI KOŃCOWE

Wszystkie powyższe aspekty skłoniły dyskutantów do przyjęcia następującego scenariusza realizacji koncepcji poprawy gospodarczej w gminach nadzalewowych:

Decyzja Rządu RP o budowie przekopu Mierzei i kanału żeglugowego do Elbląga stanowi bardzo pozytywny impuls zewnętrzny rozwoju gospodarki na Zalewie, głównie dla miasta i portu Elbląg. Nie należy przy tym oczekiwać, że pozostałe miejscowości również odniosą natychmiastowe korzyści. Pojawia się one stopniowo, szczególnie przez wzrost lokalnej wymiany gospodarczej.

Najszybszej realizacji powinien się doczekać wariant oszczędnościowy modernizacji kanałów żeglugowych ($b = 60$ m oraz $h = 2,5$ m) między Elblągiem, Krynica Morską, Tolkmickiem i Fromborkiem. Związane z realizacją tego wariantu koszty robót czerpalnych pogłębienia i poszerzenia kanałów wyniosą około 12 mln zł, do których należy dodać $1 \div 3$ mln zł na coroczne utrzymanie kanałów. W tej sytuacji Krynica Morska, Tolkmicko i Frombork będą pierwszymi miejscowościami, które skorzystają na realizacji planu rewitalizacji ekonomii gmin nadzalewowych. Dane dotyczące wzrostu ruchu turystycznego w ostatnich latach pokazują, że dotychczasowy potencjał jest już praktycznie wykorzystany w 100%, co dowodzi, że wysiłki w kierunku rozbudowy potencjału turystycznego Zalewu należy rozpocząć niezwłocznie. Przygotowanie planów biznesowych rozwoju potencjału ekonomicznego Zalewu musi uwzględnić ogromną sezonowość turystyki na Zalewie, co grozi obniżeniem atrakcyjności utworzonych nowych miejsc pracy w zmodernizowanych portach i marinach. Lepsza oferta przewozów promowych przez Zalew musi być skorelowana z funkcjonowaniem lokalnego publicznego transportu kołowego. Należy też rozważyć budowę sieci ścieżek rowerowych wokół Zalewu (z wykorzystaniem środków EU).

Oszczędnościowy wariant modernizacji podejść do portów w pobliżu granicy z Rosją (Piaski, Nowa Pasłęka) będzie wymagał nakładu około 2 mln zł oraz kosztów utrzymania, których nie oszacowano; jednakże same te porty będą wymagały dużej modernizacji, co będzie procesem raczej długim ze względu na ograniczony potencjał ekonomiczny słabo zaludnionych gmin nadgranicznych.

Superoszczędnościowy wariant modernizacji portów w najpłytszym, zachodnim sektorze Zalewu (kanały o parametrach $b = 40$ m, $h = 2,5$ m zapewniające dostęp do Kątów Rybackich i ujść Szarpawy i Nogatu) jest mało realistyczny ze względu na wyjątkowo płytkie głębokości naturalne i miękkoplastyczne lub półpłynne dno. Wariant ten może doczekać się realizacji, jeśli zapadnie decyzja na szczęblu EU o budowie transeuropejskiej drogi żeglugowej E70 biegnącej przez kanał główny Zalewu do Kaliningradu, odblokowując w ten sposób zachodnią część Zalewu dla żeglugi i dużego wodnego ruchu turystycznego.

Podsumowując, prezentowana analiza stanowi pierwsze zastosowanie metodyki podejścia systemowego do zintegrowanego zarządzania obszarami przybrzeżnymi. Jest to kolejny etap badań dotyczących sposobów poprawy jakości życia społeczności gmin Zalewu Wiślanego. W szerszej perspektywie wykonana analiza pokazała potencjał podejścia systemowego w zakresie

tworzenia realistycznych scenariuszy rozwiązywania skomplikowanych zagadnień na styku polityki, ekonomii, ekologii i procesów fizycznych, który może być wykorzystany w zarządzaniu innymi odcinkami polskiego wybrzeża, których funkcjonowanie cechują takie skomplikowane interakcje i sprzężenia. Takimi odcinkami są Półwysep Helski i problem erozji jego brzegów, zarządzanie jeziorami przyorskimi oraz Zalew Szczeciński, którego gminy powinny w większym stopniu wykorzystywać korzystne sąsiedztwo bogatego państwa sąsiedniego.

LITERATURA

1. Bielecka M., Różyński G.: Management conflicts in the Vistula Lagoon area. *Ocean and Coastal Management* Vol. 101 Part A, Nov.2014, 24-34.
2. Cieśliński R., Lewandowski A.: Ustrój hydrologiczny Zalewu Wiślanego i jego możliwe zmiany pod wpływem budowy drogi wodnej łączącej Zalew Wiślan z Zatoką Gdańską. *Inżynieria Morska i Geotechnika* 1/2013, 69-78.
3. Deltares: Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. *Deltares, User Manual*. v3.15.33641, Delft, the Netherlands, 2014.
4. Hopkins T. S., Bailly D., Støttrup J. G.: A systems approach framework for coastal zones. *Ecology and Society* 16(4): 25. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04553-160425>, 2011
5. Instytut Morski: Pobór prób rdzeniowych i badanie urobku. Praca wykonana w ramach projektu: Wykonanie koncepcji przebiegu i budowy torów podejściowych i toru głównego na Zalewie Wiślanym dla czterech lokalizacji kanału żeglugowego przez Mierzę Wiślaną, 2009.
6. Koncepcja przebudowy wejścia do portu Elbląg wraz z pogłębieniem torów podejściowych do portów Zalewu Wiślanego. Zakład Mechaniki falowania i Dynamiki Budowli, Zakład Mechaniki i Inżynierii brzegów IBW PAN, 2009.
7. Newton A.: A Systems Approach for Sustainable Development in Coastal Zones. *Ecology and Society*, 17(3):41. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04711-170341>, 2012
8. Różyński G., Bielecka M., Margoński P., Psuty I., Szymanek L., Chubarenko B., Esiukova E., Domnin D., Domnina A., Pilipchup V.: Chapter 7. The physio-geographical background and ecology of the Vistula Lagoon. *Coastal Lagoons in Europe*, IWA Publishing, ISBN 987178040682, 57 – 66, 2015.
9. Różyński G., Bielecka M., Margoński P., Psuty I., Szymanek L., Chubarenko B., Domnina A., Kolosentseva M., Tarauk O., Przedzymirska J., Zaucha J.: Chapter 8. The management story of the Vistula Lagoon. *Coastal Lagoons in Europe*, IWA Publishing, ISBN 987178040682, 67 – 76, 2015.
10. WUPROHYD sp. z o. o. Biuro Projektów: Projekt TI.2.JB/11/I/81/09. Zadanie: Koncepcja przebudowy wejścia do portu Elbląg wraz z pogłębieniem torów podejściowych do Zalewu Wiślanego. Część 2: Analiza ruchu rumowiska na wejściu do portu Elbląg. Część 3: Analiza falowania w wejściu do portu Elbląg, 2009.

PODZIĘKOWANIE: Niniejszy artykuł powstał w ramach projektu **BONUS 2010-2017: The joint Baltic Sea research and development programme project BaltCoast w ramach konkursu 2014: Sustainable ecosystem services** oraz dzięki współfinansowaniu tego projektu przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach kontraktu **BONUS-SES-2014-02/2015**. Autorzy dziękują Urzędowi Morskiemu w Gdyni za udostępnienie danych do kalibracji teoretycznego modelu zamulania kanałów żeglugowych.