



Wersja 28-07-2017

**WERYFIKACJA I AKTUALIZACJA METODYKI OPRACOWANIA
MAP ZAGROŻENIA POWODZIOWEGO I MAP RYZYKA POWODZIOWEGO
OD STRONY MORZA**

Gdynia, lipiec 2017

INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ
Państwowy Instytut Badawczy
01-673 Warszawa ul. Podleśna 61
Oddział Morski w Gdyni, ul. Waszyngtona 42, 81-342 GDYNIA
Centrala.: (+48) 58-62-88-100, fax: (+48) 58-62-88-163, e-mail: Sekretariat.Gdynia@imgw.pl
Konto: Bank Zachodni WBK S.A. XIV Oddział w Warszawie nr 94 1090 1014 0000 0001 2047 1950
Regon: 000080507-00089, NIP: 525-000-88-09

Autorzy:

mgr Beata Kowalska
mgr inż. Beata Letkiewicz
mgr Monika Mykita
dr Paweł Przygodzki
mgr inż. Janusz Topiłko

Autorzy podrozdziału VII.4.

dr inż. Tomasz Marcinkowski
dr hab. inż. Marek Szmytkiewicz
dr inż. Andrzej Lewandowski

Szczególne podziękowania za konstruktywne uwagi do zawartości metodyki zgłaszane przez zespół pracowników administracji morskiej w składzie:

Urzędu Morskiego w Gdyni:

Roman Kołodziejcki, Jakub Szostak,

Urzędu Morskiego w Słupsku:

.....

Urzędu Morskiego w Szczecinie:

.....

Spis treści

SŁOWNIK	5
I. WPROWADZENIE.....	6
II. PODSTAWA OPRACOWANIA	6
III. SPOSÓB I ZAKRES PRZEGLĄDU I AKTUALIZACJI MZP I MRP OD STRONY MORZA	7
III.1. Zmiany założeń metodycznych.....	11
III.2. Zmiany ukształtowania terenu oraz inwestycje przeciwpowodziowe wpływające na zmianę zasięgu i rzędnych na MZP	12
III.3. Zmiany danych wejściowych do MZP użytych w I cyklu planistycznym.....	13
III.4. Konsultacje zasięgów zagrożenia Powodziowego.....	21
IV. ZAWARTOŚĆ MZP I MRP OD STRONY MORZA	23
V. SCENARIUSZE POWODZIOWE	25
VI. PRZYGOTOWANIE DANYCH WEJŚCIOWYCH DLA MZP I MRP OD STRONY MORZA	26
VI.1. NUMERYCZNY MODEL TERENU	29
VI.2. PRZEKROJE KORYTOWE RZEK.....	30
VII. PRZYGOTOWANIE I OPRACOWANIE DANYCH HYDROLOGICZNYCH NA POTRZEBY MODELOWANIA HYDRAULICZNEGO.....	31
VII.1. Charakterystyki hydrologiczne stacji mareograficznych.....	32
VII.2. Poziomy wody dla przyjętych scenariuszy powodziowych (H1%, H 0,2%).....	32
VII.3. Wyznaczanie poziomów wody o określonym poziomie przewyższenia ($H_{p\%}$)	33
VII.4. Wyznaczanie różnicy poziomów wody wynikającej z falowania (H_f)	34
VII.4.1. Falowanie w ujściowych odcinkach rzek.....	35
VII.4.2. Falowanie na brzegach otwartego morza i zatok.....	35
VII.4.3. Falowanie wód zalewów	39
VII.4.4. Falowanie wód jezior przy morskich	40
VII.4.5. Falowanie w akwenach portowych.....	40
VII.5. Wyznaczanie różnicy poziomów wody wynikającej ze zmian klimatu (H_k)	41
VII.6. Hipotetyczne wezbrania sztormowe dla przyjętych scenariuszy powodziowych (H1% i H0,2%)	45
VII.7. Średnie przepływy w odcinkach rzek niekontrolowanych uchodzących do morza.....	48
VII.8. Średnie przepływy rzek kontrolowanych w odcinkach uchodzących do morza	51
VII.9. Hydrogramy historycznych wezbrań sztormowych do kalibracji i weryfikacji modeli	52
VIII. MODELOWANIE HYDRAULICZNE	52

VIII.1. Zasady budowy lub modyfikacji (aktualizacji) modeli hydraulicznych oraz sposób przeprowadzania modelowania.	55
VIII.1.1. Zasady budowy modeli lub modyfikacji (aktualizacji) modeli hydraulicznych	55
VIII.1.2. Sposób przeprowadzania modelowania	63
VIII.2. Typ modelowania, sposób ustalania warunków brzegowych i początkowych.....	63
VIII.3. Zapewnienie zgodności z modelami opracowywanymi dla poszczególnych odcinków rzek przez Prezesa KZGW, w szczególności na obszarach zagrożonych powodzią zarówno od strony rzek jak i wód morskich oraz wewnętrznych wód morskich.....	65
VIII.4. Etapy budowy modeli.....	67
VIII.4.1. Schematyzacja obszarów morskich:.....	67
VIII.4.2. Opracowanie pomiarów batymetrycznych,	67
VIII.4.3. Określenie warunków brzegowych	69
VIII.4.4. Ustalenie warunków początkowych.....	70
VIII.4.5. Ustalenie parametrów hydraulicznych	70
VIII.4.6. Analiza obiektów mostowych i hydrotechnicznych	71
VIII.4.7. Kalibracja i weryfikacja.....	71
VIII.5. Różnice w specyfice poszczególnych akwenów morskich:.....	71
VIII.6. Zasady wyznaczania obszarów obejmujących tereny narażone na zalanie w przypadku przelania się wody przez elementy tworzące system ochrony brzegu (plaże, wydmy, klify, wały przeciwsztormowe, nabrzeża, itp.), bądź w przypadku ich zniszczenia lub znaczącego uszkodzenia.	74
VIII.7. Dane wejściowe i wyjściowe składające się na modele hydrauliczne.	75
VIII.7.1. Dane wejściowe do konstrukcji modelu.....	75
VIII.7.2. Dane wejściowe do obliczeń modeli hydraulicznych	76
VIII.7.3. Dane wyjściowe z modeli hydraulicznych	77
VIII .8. Uzasadnienie wybranych rozwiązań modelowania hydraulicznego.....	78
VIII.9. Zasady uzgadniania warunków modelowania hydraulicznego oraz wyników modelowania na styku obszarów modelowania.	78
IX. OPRACOWANIE MZP OD STRONY MORZA	80
X. OPRACOWANIE MRP OD STRONY MORZA.....	82
XI. FORMA I ZAKRES BAZY DANYCH PRZESTRZENNYCH MZP I MRP OD STRONY MORZA, OPIS I ZAKRES METADANYCH	83
XII. OPRACOWANIE WERSJI KARTOGRAFICZNEJ MZP I MRP OD STRONY MORZA	84
XIII. FORMA I ZAKRES DANYCH PODLEGAJĄCYCH PRZEKAZANIU PREZESOWI KRAJOWEGO ZARZĄDU GOSPODARKI WODNEJ	85
XIV. ZAŁĄCZNIKI	87

SŁOWNIK

1D	skrót używany w stosunku do jednowymiarowych matematycznych modeli hydraulicznych, tj. posiadających jedną składową prędkości: V
2D	skrót używany w stosunku do dwuwymiarowych matematycznych modeli hydraulicznych, tj. posiadających dwie składowe prędkości : V_x oraz V_y
BDOT10k	Baza Danych Obiektów Topograficznych w skali 1:10 000
GUGiK	Główny Urząd Geodezji i Kartografii
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change – Międzyrządowy Zespół do spraw Zmian Klimatu
KZGW	Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej
MRP	mapa ryzyka powodziowego
MZP	mapa zagrożenia powodziowego
NMPW	numeryczny model powierzchni wody, tworzony jako element wynikowy przetwarzania rzędnych zwierciadła wody, określający zasięg zagrożenia powodziowego
NMT	numeryczny model terenu
NMPT	numeryczny model pokrycia terenu
RZGW	Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej
WORP	Wstępna Ocena Ryzyka Powodziowego

I. WPROWADZENIE

Opracowanie „Weryfikacji i aktualizacji metodyki opracowania map zagrożenia i map ryzyka powodziowego od strony morza”, zostało wykonane na podstawie umowy z dnia 20.06.2017 r., nr ZG-DO-3800-2/17 z Urzędem Morskim w Gdyni.

Opracowanie zrealizował Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy: Centrum Modelowania Powodzi i Suszy w Gdyni oraz Biuro Prognoz Hydrologicznych Oddział Morski w Gdyni

Opracowanie obejmuje wykonanie przeglądu dokumentacji metodycznej opracowania map zagrożenia powodziowego (MZP) i map ryzyka powodziowego (MRP) w I cyklu planistycznym, uzupełnienie, zmiany oraz opracowanie jednolitej metodyki opracowania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych w II cyklu planistycznym.

II. PODSTAWA OPRACOWANIA

Metodyka opracowania MZP i MRP od strony morza została wykonana w oparciu o wytyczne zawarte w SIWZ, dokumenty opracowane w I cyklu planistycznym oraz prace własne.

Dokumenty opracowane w I cyklu planistycznym:

- Raport z wykonania MZP i MRP wraz z załącznikami (2013, KZGW)
- „Metodyka obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka (2010, IMGW O Morski w Gdyni, Urząd Morski w Gdyni)
- Uszczegółowienie „Metodyki obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka (2015, IMGW)

- Raport w sprawie: Założeń do wykonania obliczeń zasięgu zagrożenia powodziowego o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% (raz na 100 lat) od strony morza i morskich wód wewnętrznych dla obszaru Miasta Świnoujście (IMGW, 2015)
- SIWZ na wykonanie usługi *Przeгляд i aktualizacja map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego* realizowanej przez Prezesa KZGW w ramach projektu POIS.02.01.00-00-0013/16
- Metodyka opracowania map zagrożenia powodziowego (2009, KZGW)
- Metodyka opracowania map ryzyka powodziowego (2009, KZGW)
- Raport z zakończenia realizacji zadania 1.3.2 – Przygotowanie danych hydrologicznych w zakresie niezbędnym do modelowania hydraulicznego
- Raport w sprawie: Założeń do wykonania obliczeń zasięgu zagrożenia powodziowego o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% (raz na 100 lat) od strony morza i morskich wód wewnętrznych dla obszaru Miasta Świnoujście

Metodyka opracowania MZP i MRP od strony morza jest zgodna z rozporządzeniem Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego (Dz.U. 2013 poz. 104) zwanym dalej *rozporządzeniem* oraz z ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. 2017poz. 1121) zwanej dalej *ustawą Prawo Wodne*.

III. SPOSÓB I ZAKRES PRZEGLĄDU I AKTUALIZACJI MZP I MRP OD STRONY MORZA

Opracowanie MZP i MRP od strony morza w II cyklu planistycznym opiera się na założeniu spójności i kontynuacji prac wykonanych w I cyklu, przy uwzględnieniu konieczności zmian związanych z aktualizacją map.

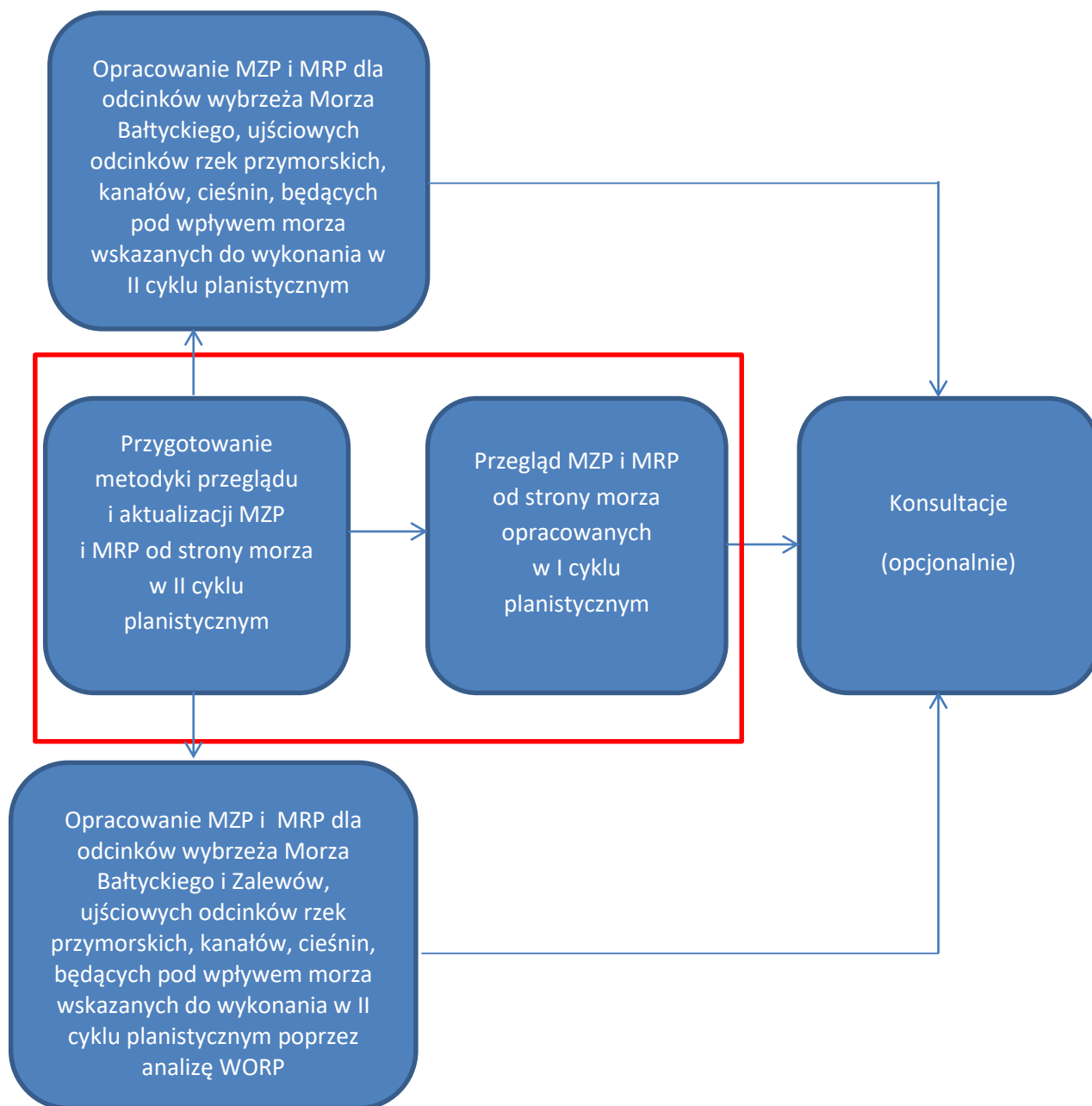
MZP i MRP od strony morza w I cyklu planistycznym wykonano dla 270.5 km wybrzeża Morza Bałtyckiego, 264 km wybrzeża Zalewu Szczecińskiego i Zalewu Wiślanego oraz 395.5 km ujściowych odcinków rzek, kanałów, cieśnin będących pod wpływem oddziaływania morza, które wymieniono w Raporcie z wykonania MZP i MRP (Tab. 3.1). Mapy te powstały w ramach projektu ISOK Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami w okresie od 2012 do 2013 r.

Tab. 3.1. Zestawienie odcinków wybrzeża Morza Bałtyckiego i Zalewów (Szczecińskiego i Wiślanego) oraz ujściowych odcinków rzek, kanałów, cieśnin, będących pod wpływem morza, dla których wykonano MZP i MRP od strony morza w I cyklu planistycznym

Nr	Nazwa rzeki (ujściowy odcinek), akwenu lub fragmentu wybrzeża	Odcinek*, dla którego wykonano MZP i MRP w I cyklu planistycznym		Uwagi i informacje zamieszczone w raporcie KZGW z wykonania WOPR w I cyklu planistycznym
		kilometraż wybrzeża [km]	kilometraż rzek* [km]	
Region wodny Dolnej Odry i Pomorza Zachodniego				
1	Odra od ujścia do ujścia Nisy Łużyckiej		0–44,5	
1.1	Ina		0–14	
1.3	Gunica		0–3	
2.1.1	Świniec		0–7,5	
3	Cieśnina Świna		0–18,5	
5	Rega		0–13	
7	Błotnica		0–9	
8	Parsęta		0–17	
14	Wieprza		0–3,5	
14.2	Grabowa		0–11	
15	Zalew Szczeciński		167	
16	Przymorze na wyspie Wolin – część zachodnia	408-424,5		
17	Przymorze od Cieśniny Dziwny do Kan. Liwia Łuża	365,5-391,5		wersja kartograficzna na odcinku 384,5-391,5 (na pozostałym odcinku zagrożenie od strony morza nie występuje)
18	Przymorze od Błotnicy do Malechowskiej Strugi	324-345,5		
19	Przymorze od Martwej Wody do dopł. z jez. Kopań	263,5-275,5		
20	Przymorze od Czarnej do Orzechowej	233,5-236,5		
25	Przymorze od granicy państwa na wyspie Uznam do Cieśniny Świny	424,5-428		
Region wodny Dolnej Wisły				
1	Wisła		0–18	
1.4	Nogat		0–23,5	
1.5	Szarpawa		0–25	
1.5.1	Wisła Królewiecka		0–11,5	
1.5.2	Tuja		0–18,5	zagrożenie wyłącznie od strony Zalewu Wiślanego
1.5.3	Linawa		0–11,5	kanał zagrożony wyłącznie od wód Zalewu Wiślanego
1.11	Martwa Wisła		0–27,5	zagrożenie podczas wezbrań sztormowych

Nr	Nazwa rzeki (ujściowy odcinek), akwenu lub fragmentu wybrzeża	Odcinek*, dla którego wykonano MZP i MRP w I cyklu planistycznym		Uwagi i informacje zamieszczone w raporcie KZGW z wykonania WORP w I cyklu planistycznym
		kilometraż wybrzeża [km]	kilometraż rzek* [km]	
1.11.1	Wiśła Śmiała		0–2	zagrożenie podczas wezbrań sztormowych
1.11.3	Motława		0–2,5	zagrożenie podczas wezbrań sztormowych
1.11.3.1	Motława–Optyw		0–3	zagrożenie podczas wezbrań sztormowych
1.11.3.5	Kanał Raduński		0–1	
2	Słupia		0–7,5	
3	Łupawa		0–13	
4	Łeba		0–26	
5	Piaśnica		0–5	
6	Czarna Woda		0–4,5	ciek zagrożony wyłącznie od strony morza
7	Reda		0–9,5	
12	Bauda		0–4,5	
13	Pasłęka		0–8	
14	Zalew Wiślany		0–17 22–102	
14.1	Elbląg–Dzierżoń		0–27,5	
14.1.1	Wąska		0–5	
15	Przymorze od Łeby do Lubiatówki	163,5-183		wersja kartograficzna na odcinku 174–183 (na pozostałym odcinku zagrożenie od strony morza nie występuje)
16	Przymorze od Kan. Karwianka do Półwyspu Helskiego	124-140,5		wersja kartograficzna na odcinkach 133–140,5 oraz 124– 128 (na pozostałym odcinku zagrożenie od strony morza nie występuje)
17	Półwysep Helski	0–71,5		
18	Przymorze od Półwyspu Helskiego do Gizdepki	106,5-125		
19	Przymorze od Kan. Mrzezino do Kaczej	81-106,5		
20	Przymorze od Kamiennego Potoku do Przekopu Wisły	48,5-81		
21	Przymorze od Czarnej do Orzechowej	229,5-233,5		część obszaru leżąca w dorzeczu Wisły; wersja kartograficzna na odcinku 232-233,5 (na pozostałym odcinku zagrożenie od strony morza nie występuje).

Sposób opracowania MZP i MRP od strony morza w II cyklu planistycznym, w tym sposób opracowania przeglądu i aktualizacji MZP i MRP od strony morza wykonanych w I cyklu planistycznym (na czerwono) został schematycznie przedstawiony na Rys. 3.1.



Rys. 3.1. Sposób opracowania MZP i MRP od strony morza w II cyklu planistycznym

W celu określenia zakresu prac i założeń wykonywania przeglądu MZP i MRP, opracowanych w I cyklu planistycznym, w odniesieniu do wszystkich scenariuszy powodziowych należy stosować następujące kryteria kwalifikacji MZP i MRP do wykonania aktualizacji:

- Zmiany kryteriów kwalifikacji obszarów w ramach przeglądu i aktualizacji wstępnej oceny ryzyka powodziowego.
- Zmiany metodyki dla wybranego rodzaju akwenu.
- Identyfikacja znacznych zmian danych wejściowych mających wpływ na zasięg zagrożenia powodziowego, wystąpienia wątpliwości, co do poprawności wyznaczonych obszarów zagrożenia powodziowego.
- Uwagi i informacje dostarczone przez urzędy, instytucje i społeczeństwo (również poprzez ankietyzację WORP).

W odniesieniu do powyższych wskazań należy stosować pojęcie: **istotne zmiany** zagrożenia i ryzyka powodziowego, które będą stanowić podstawę kwalifikowania danego obszaru do aktualizacji MZP i MRP. Cel ten należy zrealizować poprzez zastosowanie kryteriów i miar czynników wpływających na poziom zagrożenia i ryzyka powodziowego na danym obszarze. Przy identyfikacji **istotnych zmian** zagrożenia powodziowego należy stosować następujące kryteria kwalifikacji MZP i MRP::

- zmiany założeń metodycznych,
- zmiany ukształtowania terenu oraz inwestycje wpływające na zmianę zasięgu i rzędnych na MZP,
- zmiany danych wejściowych do MZP użytych w I cyklu planistycznym.

III.1. Zmiany założeń metodycznych

Podczas aktualizacji MZP i MRP od strony wód morskich i wewnętrznych wód morskich należy uwzględnić zmiany metodyczne opisane w dokumencie pt.: *Uszczegółowienie „Metodyki obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego”* (2015, IMGW). Metodyka została uszczegółowiono głównie w zakresie wpływu falowania na poziom wody o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% w ujściowych odcinkach rzek do morza, cieśninach i na brzegach zalewów. W modelu dwuwymiarowym do opracowania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego oraz stref zagrożenia powodziowego dla w/w obszarów podwyższa się obliczony poziom wody o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% jedynie o wzrost poziomu morza wywołany prognozowanymi zmianami klimatycznymi. Przyjęto wartość **równą 5 cm** jako wpływ zmian klimatu na wzrost poziomu morza (do roku 2030). Ponadto zmiany metodyczne mogą dotyczyć wybranego rodzaju modelowania

hydraulicznego (zastosowanie modeli hybrydowych dla modelowania ujściowych odcinków rzek przymorskich) a także sposobu generowania numerycznego modelu powierzchni wody (NMPW).

W przypadku określania wpływu zmian metodycznych, opisanych szerzej w rozdziale dotyczącym metodyki modelowania hydraulicznego zagrożeń od strony morza w II cyklu planistycznym, na zasięg stref zagrożenia powodziowego opracowanych w I cyklu planistycznym należy wziąć pod uwagę zakres zmian modelowania hydraulicznego uwzględniający różnice w specyfice poszczególnych akwenów morskich:

- otwarte morze,
- zatoki,
- zalewy,
- porty, wody rzek portowych i kanałów portowych,
- cieśniny,
- odcinki rzek uchodzących do morza.

W celu zwiększenia dokładności wyznaczonych stref zagrożenia powodziowego należy również preferować przejście z modeli dwuwymiarowych (2D) na modele hybrydowe (1D/2D) w ujściowych odcinkach rzek przymorskich. Takie podejście stwarza możliwości dokładniejszego odzwierciedlenia warunków wystąpienia cofki od strony morza w strefie korytowej.

III.2. Zmiany ukształtowania terenu oraz inwestycje przeciwpowodziowe wpływające na zmianę zasięgu i rzędnych na MZP

W przypadku zmian ukształtowania terenu oraz zidentyfikowaniu inwestycji przeciwsztormowych wpływających na zmianę zasięgu i rzędnych na MZP należy dokonać inwentaryzacji inwestycji zrealizowanych po 2010 r. oraz tych, których zakończenie planowane jest do końca 2019 roku. Inwentaryzacja inwestycji zawiera również rekomendacje dla zasadności i możliwości uwzględnienia tych inwestycji na MZP i MRP. Jednocześnie należy opracować i wypełnić bazę inwestycji, która zostanie sporządzona w oparciu o informacje pochodzące z następujących źródeł:

- Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej
- Urzędów Morskich
- Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad
- Zarządców linii kolejowych

- Zarządów Melioracji i Urządzeń Wodnych
- Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii (aktualna wersja Bazy Danych Obiektów Topograficznych)
- Analiz WORP (źródłem danych będą również informacje pozyskane w trakcie opracowywania II cyklu WORP. Należy więc zadbać o odpowiednią współpracę w tym zakresie pomiędzy podmiotami realizującymi te dwa zdania. W tym celu należy sformułować odpowiednie pytania do ankiet w celu uzyskania/poszerzenia zakresu informacji od gmin i instytucji.)

III.3. Zmiany danych wejściowych do MZP użytych w I cyklu planistycznym

W głównej mierze należy zweryfikować dane hydrologiczne i meteorologiczne w kontekście ich aktualności. W tym celu dla wszystkich stacji mareograficznych, z których dane wykorzystano podczas I cyklu planistycznego, należy obliczyć poziomy maksymalne o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia z uwzględnieniem danych do 2016 roku. Dane te należy porównać z tymi, które zostały obliczone dla I cyklu planistycznego. Na podstawie porównania należy określić istotne zmiany danych hydrologicznych, które dadzą podstawy do aktualizacji MZP i MRP.

Ujednolicone podejście w kontekście uwzględniania warunków meteorologicznych (głównie siły i kierunku wiatru) w modelowaniu zagrożeń od strony morza opisano w rozdziale dot. modelowania hydraulicznego.

Przegląd MZP i MRP należy również oprzeć o wykorzystanie zaktualizowanych danych w zakresie batymetrii strefy przybrzeżnej Morza Bałtyckiego oraz innych akwenów. W przypadku wystąpienia istotnych zmian batymetrii, należy dokonać aktualizacji MZP i MRP. Przeglądowi będzie podlegać również istotna zabudowa hydrotechniczna oraz sposób jej implementacji w modelu. Weryfikacji będą podlegać współczynniki szorstkości terenu, których zmiana może być podyktowana m. in. zmianą funkcji danego obszaru. W przypadku wystąpienia istotnych różnic, MZP i MRP zostaną poddane aktualizacji.

Zmiany MZP mogą również być podyktowane konsekwencją wskazań ze względu na potrzebę zastosowania alternatywnego rozwiązania, w stosunku do przyjętych podczas I cyklu planistycznego, gwarantującego uzyskanie wyników o wyższej jakości produktu końcowego, zwłaszcza w skomplikowanych układach topograficznych i hydrograficznych.

Zastosowanie kryteriów i miar czynników w celu identyfikacji istotnych zmian wpływających na poziom zagrożenia powodziowego należy oprzeć o skalę istotności wpływu zmian zawartą w tabeli 3.2.

Tab. 3.2. Skala istotności wpływu zmian

Istotność wpływu zmian	Wyjaśnienia
Znaczące	Duże zmiany mające znaczący wpływ na zagrożenie i ryzyko powodziowe
Istotne	Zmiany mające wpływ na zagrożenie i ryzyko powodziowe, w tym charakterystyki powyższej wartości progowej kwalifikującej do aktualizacji: Zmiany zasięgu stref zagrożenia powodziowego lub rzędnych wód o danym prawdopodobieństwie przewyższenia od 5-10% (+/-2%) względem MZP i MRP I cykl planistyczny
Umiarkowane	Zmiany mniej znaczące, w obrębie niepewności wyznaczenia ich wpływu lub w okolicy wartości progowej kwalifikującej do aktualizacji: Zmiany zasięgu stref zagrożenia powodziowego lub rzędnych wód o danym prawdopodobieństwie przewyższenia od 2%-5% (+/-2%) względem MZP i MRP I cykl planistyczny
Niewielkie	Zmiany liczbowe danych wejściowych i potencjalnych wyników lecz poniżej wartości progowej kwalifikującej do aktualizacji: Zmiany zasięgu stref zagrożenia powodziowego lub rzędnych wód o danym prawdopodobieństwie przewyższenia od 0%-2% (+/-1%) względem MZP i MRP I cykl planistyczny
Brak	Brak wpływu na zasięg i rzędne stref zagrożenia powodziowego

Skalę istotności wpływu zmian zagrożenia powodziowego wykorzystuje się do tworzenia macierzy oceny MZP od strony morza. Macierz służy do wyboru obszarów, dla których wymagana będzie aktualizacja MZP. Macierz należy oprzeć na następujących kryteriach (przykład macierzy w tab.3.3). Należy jednak zaznaczyć, iż przedziały istotności wpływu zmian na poziom zagrożenia powodziowego w II cyklu planistycznym względem I cyklu planistycznego, muszą być zatwierdzone przez administrację morską po wykonaniu pełnej analizy zmian zagrożenia powodziowego od strony morza

Kryterium 1. Zmiany założeń metodycznych (M)

M1. Zmiany w zakresie modelowania hydraulicznego uwzględniające różnice w specyfice poszczególnych akwenów morskich:

- otwarte morze
- zatoki
- zalewy
- wody rzek portowych i kanałów portowych
- cieśniny
- ujściowe odcinki rzek

M2. Zmiany w zakresie zastosowania modeli hybrydowych dla modelowania ujściowych odcinków rzek przymorskich (przejście z modeli dwuwymiarowych (2D) na modele hybrydowe (1D/2D) w ujściowych odcinkach rzek przymorskich)

M3. Zmiany w zakresie metodyki generowania numerycznego modelu powierzchni wody (NMPW)

Miarą kryterium zmian założeń metodycznych M1, M2 powinny być wyrażona w procentach (miara względna) w przypadku zmian zasięgu

Zmiany ZNACZĄCE:

zmiany powierzchni stref zagrożenia powodziowego powyżej 10% (+/-2%) względem MZP i MRP I cykl planistyczny lub zmiany zasięgu stref zagrożenia powodziowego, których granice prezentują znacząco odmienny przebieg niż na MZP I cykl planistyczny lub zmiany rzędnych wód o danym prawdopodobieństwie przewyższenia powyżej 10cm (=/- 2cm)

Kryterium 2. Zmiany ukształtowania terenu oraz inwestycji (T)

T1. Zmiany w zakresie ukształtowania terenu

T2. Zmiany w zakresie wykonania inwestycji

T3. Zmiany w zakresie wykonania zabudowy hydrotechnicznej

Kryterium 3. Zmiany danych wejściowych, wykorzystanych podczas wykonywania MZP i MRP w I cyklu planistycznym (H- hydrologicznych, M- meteorologicznych, B-batymetrycznych)

W1. Zmiany w zakresie aktualizacji wartości poziomów prawdopodobnych o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia i przepływów w ujściowych odcinkach rzek

W2. Aktualizacja warunków meteorologicznych w procesie modelowania zagrożenia powodziowego od strony morza

W3. Zmiany w zakresie aktualizacji danych batymetrycznych

Kryterium 4. Zmiany dotyczące obróbki GIS wyników modelowania

G1. Właściwe połączenie stref zalewu na styku modeli, ciągłość zalewów i głębokości, nieregularność (wygładzanie) zgodne z przyjętymi założeniami w niniejszej metodyce dla II cyklu planistycznego, rozkład rzędnych zwierciadła wody na styku modeli

Priorytetem i punktem wyjścia analizy obszarów, dla których wymagana będzie aktualizacja kryterium W1 (istotnych zmian w rzędnej poziomie zagrożenia). Konieczności poprawy jednego scenariusza nie musi oznaczać (choć może być zalecane) automatycznej poprawy scenariuszy pozostałych. Wynik analiz wskaże, dla jakich scenariuszy aktualizację należy przeprowadzić.

Ostateczne wskazanie do aktualizacji MZP ujęte będzie w trzech kategoriach:

- **Aktualizacja wymagana AW (dla zmian znaczących i istotnych)**
- **Aktualizacja zalecana AZ (dla zmian umiarkowanych i niewielkich).**
- **Brak potrzeby aktualizacji (dla braku zmian).**

Na podstawie ustalonego zakresu pierwszej kategorii 'Aktualizacji wymaganej AW' w II cyklu MZP i MRP od strony morza uzgodniony zostanie zakres wykonania zalecanej aktualizacji AZ. Do aktualizacji wymaganej AW na MZP będą podlegać zmiany, które w co najmniej jednym z kryteriów będą posiadać atrybut zmian znaczących i istotnych. Do aktualizacji zalecanej AZ na MZP będą podlegać zmiany, które w co najmniej jednym z kryteriów będą posiadać atrybut zmian umiarkowanych. Należy zaznaczyć, iż w przypadku stwierdzenia dla danego obszaru aktualizacji zalecanej AZ, ostateczne decyzje w zakresie aktualizacji MZP podejmuje administracja morska.

Wykaz odcinków do aktualizacji zestawiony będzie w formie tabelarycznej (Excel) oraz jako atrybuty warstwy geoprzestrzennej shp. Zawierać będzie następujące informacje:

1. Lp.
2. RZGW (oznaczenie regionu wodnego)
3. Nazwa akwenu
4. ID_HYD_ (identyfikator hydrograficzny z bazy MPHP)
5. Nr rzeki/ fragmentu wybrzeża z raportu WORP
6. Km początkowy
7. Km końcowy
8. Długość odcinka do aktualizacji
9. Scenariusze (wskazanie scenariuszy do aktualizacji)
10. Przyczyny aktualizacji – kody (wg kryteriów) i/lub nazwy
11. Stopień potrzeby aktualizacji (AW - wymagane lub AZ - zalecane)
12. Uwagi/Opis

Tabela 3.3. Macierz wyboru obszarów do wykonania aktualizacji MZP z I cyklu

Parametr	Opis	Istotność/miara	Zakres zmian	Scenariusz	
				Q 1%	Q 0,2%
Metodyka					
M1	Zmiany w zakresie modelowania hydraulicznego uwzględniające różnice w specyfice poszczególnych akwenów morskich	Zmiany ZNACZĄCE: zmiany powierzchni stref zagrożenia powodziowego powyżej 10% (+/-2%) względem MZP i MRP I cykl planistyczny lub zmiany zasięgu stref zagrożenia powodziowego, których granice prezentują znacząco odmienny przebieg niż na MZP I cykl planistyczny lub zmiany rzędnych wód o danym prawdopodobieństwie przewyższenia powyżej 10cm (=/- 2cm)	Liczba arkuszy	AW/AZ	AW/AZ
M2	Zmiany w zakresie zastosowania modeli hybrydowych dla modelowania ujściowych odcinków rzek przy morskich (przejście z modeli dwuwymiarowych (2D) na modele hybrydowe (1D/2D) w ujściowych odcinkach rzek przy morskich)	Wartość bezwzględna (cm) - wartość progowa do aktualizacji 10 cm lub zasięg stref zagrożenia powodziowego - różnice powyżej 10% dla poszczególnych arkuszy	Liczba arkuszy	AW/AZ	AW/AZ
M3	Zmiany w zakresie metodyki generowania numerycznego modelu powierzchni wody (NMPW)	Wartość bezwzględna (cm) - wartość progowa do aktualizacji 10 cm lub zasięg stref zagrożenia powodziowego - różnice powyżej 10% dla poszczególnych arkuszy	Liczba arkuszy	AW/AZ	AW/AZ
Topografia					
T1	Zmiany w zakresie ukształtowania terenu	Zasięg stref zagrożenia powodziowego - różnice powyżej 10% dla poszczególnych arkuszy	Kilometraż/liczba arkuszy	AW/AZ	AW/AZ
T2	Zmiany w zakresie wykonania inwestycji	Wpływ znaczący / istotny / umiarkowany / niewielki / brak	Kilometraż/liczba arkuszy	AW/AZ	AW/AZ
T3	Zmiany w zakresie wykonania zabudowy hydrotechnicznej	Wpływ znaczący / istotny / umiarkowany / niewielki / brak	Kilometraż/liczba arkuszy	AW/AZ	AW/AZ
Dane wejściowe					
W1	Zmiany w zakresie aktualizacji wartości poziomów prawdopodobnych o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia i przepływów w ujściowych odcinkach	Wartość bezwzględna (cm) - wartość progowa do aktualizacji 10 cm	Kilometraż/liczba arkuszy	AW/AZ	AW/AZ

	rzek				
W2	Aktualizacja warunków meteorologicznych w procesie modelowania zagrożenia powodziowego od strony morza	Zmiany znaczące / istotne / umiarkowane / niewielkie / brak	Kilometraż/liczba arkuszy	AW/AZ	AW/AZ
W3	Zmiany w zakresie aktualizacji danych batymetrycznych	Zmiany znaczące / istotne / umiarkowane / niewielkie / brak	Kilometraż/liczba arkuszy	AW/AZ	AW/AZ
GIS					
G1	Właściwe połączenie stref zalewu na styku modeli, ciągłość zalewów i głębokości, nieregularność (wygładzanie) zgodne z przyjętymi założeniami w niniejszej metodyce dla II cyklu planistycznego, rozkład rzędnych zwierciadła wody na styku modeli	Zmiany znaczące / istotne / umiarkowane / niewielkie / brak	Kilometraż/liczba arkuszy	AW/AZ	AW/AZ

AW – wskazanie do aktualizacji, AZ – aktualizacja zalecana, N – brak potrzeby aktualizacji.

W przypadku wskazania zakresu MZP do wykonania lub aktualizacji należy zastosować bieżącą metodykę opracowania MZP i MRP od strony morza w II cyklu planistycznym.

III.4. Zmiany danych wejściowych do MRP użytych w I cyklu planistycznym

Zmiany zasięgu obszarów zagrożenia powodziowego na MZP w II cyklu planistycznym, wymagają dokonania zmian map ryzyka powodziowego. Zmiany MRP należy dokonać również w przypadku znaczących zmian danych wejściowych, o których mowa poniżej. Biorąc pod uwagę zmiany ryzyka powodziowego i danych wejściowych dla MRP zakłada się, że aktualizacji podlegać będą wszystkie mapy ryzyka powodziowego opracowane od strony morza w I cyklu planistycznym.

W przypadku analizy map ryzyka powodziowego należy wziąć pod uwagę, w szczególności:

- weryfikację i ewentualną aktualizację danych o wartościach potencjalnych strat powodziowych,
- weryfikację i ewentualną aktualizację danych o szacunkowej liczbie mieszkańców, którzy mogą być dotknięci powodzią,
- weryfikację i ewentualną aktualizację (w oparciu o dane BDOT10k) klas użytkowania terenu,
- weryfikację i ewentualną aktualizację (w oparciu o dane BDOT10k) obiektów wskazanych w rozporządzeniu:
 - par. 9.1. 2 i 9.1.3 (w oparciu o dane BDOT10k z wykorzystaniem danych NFZ, Ministerstwa Sprawiedliwości, Ministerstwa Pracy i Polityki Społecznej, Centralnego Zarządu Służby Więziennej),
 - par. 9.2. 6, 9.2.14 (w oparciu o dane BDOT10k)
 - par. 9.2. 2 i 9.2.3 (w oparciu o dane pochodzące z RZGW i PIG-PIB),
 - par. 9.2. 4 (w oparciu o dane BDOT10k),
 - par. 9.2. 5 (w oparciu o dane pochodzące z GDOŚ),
 - par. 9.2. 7 (w oparciu o dane pochodzące z Narodowego Instytutu Dziedzictwa,
 - par. 9.2. 8 - 12,
 - par. 9.2. 13 (w oparciu o dane pochodzące z MŚ, GIOŚ),
 - par. 9. 2. 14 (w oparciu o dane pochodzące z GIOŚ).

Oprócz aktualizacji MZP i MRP od strony morza, opracowanych w I cyklu planistycznym, MZP i MRP zostaną wykonane dla ujściowych odcinków rzek przybrzeżnych, akwenów lub fragmentów wybrzeża zakwalifikowanych do wykonania w II cyklu planistycznym, a wymienione w Raporcie WORP z I cyklu planistycznego (Tab. 3.4). Ponadto należy uwzględnić fakt, że WORP od strony morza w II cyklu planistycznym może wskazać nowe odcinki wybrzeża, nie brane pod uwagę w I cyklu planistycznym, dla których należy wykonać nowe MZP i MRP. Dla takich przypadków zostanie zastosowana niniejsza metodyka opracowania MZP i MRP dla II cyklu planistycznego.

Tab. 3.4. Zestawienie odcinków wybrzeża Morza Bałtyckiego i Zalewów (Szczecińskiego i Wiślanego) oraz ujściowych odcinków rzek, kanałów, cieśnin, będących pod wpływem morza wskazanych do wykonania MZP i MRP w II cyklu planistycznym

Nr	Nazwa rzeki (ujściowy odcinek), akwenu lub fragmentu wybrzeża	Odcinek* wskazany do wykonania MZP i MRP od strony wód morskich w II cyklu planistycznym	
		kilometraż wybrzeża [km]	kilometraż rzek* [km]
Region wodny Dolnej Odry i Pomorza Zachodniego			
1.1	Płonia		0-72
2	Cieśnina Dziwna		0-30
2.1	Wołczenica		0-52
2.1.1.1	Stuchowska Struga		0-29
2.1.1.2	Wołcza		0-31
2.1.1.3	Niemica		0-27
4	Lądkowski Kanał		0-13
6	Dębosznica		0-35
9	Malechowska Struga		0-5
10	Czerwona		0-28
10.1	Tymienica		0-14
11	Strzeżnica		0-14
11.1	Popowska Struga		w całości
12	Dzierżęcinka		0-28
13	Unieść		0-25
13.1	Polnica		0-26
15.1	Gowienica		0-51
21	Przymorze na wyspie Wolin – część wschodnia	394-408,5	
22	Przymorze od Kan. Liwia Łuża do Błotnicy	359,5-365,5	
23	Przymorze od Malechowskiej Strugi do Martwej Wody	276,5-325	
24	Przymorze od jez. Kopań do Czarnej	235-263,5	
Region wodny Dolnej Wisły			
9	Chylonka		0-1
10	Kacza		0-16
11	Kamienny Potok		0-2

Nr	Nazwa rzeki (ujściowy odcinek), akwenu lub fragmentu wybrzeża	Odcinek* wskazany do wykonania MZP i MRP od strony wód morskich w II cyklu planistycznym	
		kilometraż wybrzeża [km]	kilometraż rzek* [km]
22	Przymorze od Przekopu Wisły do granicy państwa na Mierzei Wiślanej	0-45	
23	Przymorze od Łupawy do Łeby	184,5-217,5	
24	Przymorze od Lubiatówki do Bezimiennej	159-162,5	
25	Przymorze od Bezimiennej do Kan. Karwianka	153-159	

* Rzeczywista długość odcinków rzek uchodzących do wód morskich jest uzależniona od zasięgu wpływu cofki

Rzeczywista długość cieków, będąca pod wpływem morza zostanie określona po wykonaniu MZP i MRP od strony morza w II cyklu planistycznym. Modelowanie hydrodynamiczne opisane w rozdziale VIII, umożliwi określenie zasięgu zagrożenia powodziowego od strony wód morskich.

Wskazanie nowych obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi, w wyniku przeglądu i aktualizacji WOPR w 2018 r., wymaga wykonania nowych MZP i MRP od strony morza przy zastosowaniu niniejszej metodyki opracowania MZP i MRP w II cyklu planistycznym.

III.4. Konsultacje zasięgów zagrożenia Powodziowego

Urzędy morskie mogą przeprowadzić konsultacje zasięgów zagrożenia powodziowego, uzyskanych na podstawie wyników modelowania dwuwymiarowego - w postaci numerycznego modelu powierzchni wody. Jednakże nie ma takiego obowiązku prawnego, ponieważ na podstawie Art. 88f. ust. 3a. „Prezes Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej podaje do publicznej wiadomości mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego przez umieszczenie ich w Biuletynie Informacji Publicznej Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej.”

Jedynymi dokumentami, które Prezes KZGW przekazuje do zaopiniowania są: projekt aktualizacji wstępnej oceny ryzyka powodziowego (Art. 88.c. ust. 3) oraz projekt planów zarządzania ryzykiem powodziowym (Art. 88h. ust. 6.).

W celu uzyskania opinii na temat opracowanych w II cyklu planistycznym zasięgów zagrożenia powodziowego urzędy morskie mogą przekazać je do organów administracji publicznej.

W szczególności do jednostek samorządu terytorialnego odpowiedzialnych za tworzenie planów zagospodarowania przestrzennego. W tym celu należy podjąć następujące działania:

- a) przygotować projekt pisma (na szablonie ustalonym z administracją morską) przekazującego wstępne wyniki przeglądu map zagrożenia powodziowego do właściwych organów administracji publicznej wraz z prośbą o wyrażenie opinii;
 - przygotować załączniki do pisma - nośniki danych z projektem raportu wraz z załącznikami (w formie elektronicznej do odczytu - pliki .pdf oraz warstw przestrzennych .shp);
 - wysłać pisma wraz załącznikami do organów administracji publicznej;
- b) sporządzić zestawienie uwag zgłaszanych przez organy administracji publicznej wraz z odpowiedziami i uzasadnieniem wybranego sposobu rozpatrzenia uwag; ;
- c) przygotować, zgodnie z uzgodnionym sposobem rozpatrzenia uwag ostateczną wersję raportu z wykonania przeglądu MZP;
- d) przygotować projekt pism do organów administracji publicznej przekazujących odpowiedzi na zgłoszone uwagi.

Po etapie uwzględnienia uwag właściwych organów przygotowuje się ostateczną wersję raportu z wykonania i przeglądu MZP i MRP od strony morza.

Zgodnie z Art. 88f. ust.2 Ustawy Prawo wodne: *„Mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, przygotowują dyrektorzy urzędów morskich i przekazują Prezesowi Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej, nie później niż na 6 miesięcy przed terminem przygotowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego. Mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, stanowią integralny element map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego.”.*

Wyniki przeglądu i aktualizacji map od strony morza należy przedstawić w postaci raportu opisowego warstw przestrzennych oraz w formacie PDF.. Raport powinien zawierać zakres obszarowy istotnych zmian zagrożenia i ryzyka powodziowego w postaci numerycznej.

Warstwy przestrzenne będą wskazywać odcinki wybrzeża, ujściowe odcinki rzek oraz obszary zagrożenia powodziowego wytypowane do aktualizacji, z przypisanymi informacjami, co do przyczyn (np. wynikających z realizacji inwestycji, lub z modyfikacji metodycznej) oraz zakresu zmian. Uwzględnić należy również – określony w I cyklu planistycznym - zakres odcinków wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek wskazanych do aktualizacji w ramach II cyklu planistycznego – w tym nowe odcinki wybrzeża wskazane w aktualizacji WORP od strony morza w II cyklu planistycznym, a nie

brane pod uwagę w I cyklu planistycznym. Podany zakres w znacznej mierze ujmuje już uwagi konsultacyjne pierwszego cyklu i niezbędne zmiany. Jako wynik zadania wskazać należy również zakres kartograficzny, tj. liczbę arkuszy przewidywanych do aktualizacji oraz liczbę nowych arkuszy, z podziałem na poszczególne scenariusze powodziowe MZP i MRP.

Metodyka opracowania MZP i MRP od strony morza może podlegać zmianom, po akceptacji administracji morskiej, w szczególności w związku z:

- potrzebą ujednoczenia z metodyką opracowania MZP i MRP od strony rzek opracowywaną przez prezesa KZGW. Wynika to z zapisu w Prawie Wodnym (art. 88f ust. 2): Mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, stanowią integralny element mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego.
- z możliwą zmianą ustawy- Prawo wodne i rozporządzenia w sprawie opracowania MZP i MRP,
- zmiany w schematach raportowania wprowadzonych przez Prezesa KZGW lub Komisję Europejską

Zasięg zagrożenia powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych w większości przypadków sięga poza granice pasa technicznego. Z tego powodu wymagane jest dokonanie uzgodnienia przedstawienia zasięgu zagrożenia powodziowego od strony morza poza granicą obszaru administracji morskiej. Rekomendowane jest przedstawienie całkowitego zagrożenia od strony morza poza granicą pasa technicznego.

IV. ZAWARTOŚĆ MZP I MRP OD STRONY MORZA

Zawartość MZP i MRP od strony morza musi być zgodna z rozporządzeniem Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego (Dz.U. 2013 poz. 104) zwanym dalej *rozporządzeniem* oraz z ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz.U. 2015 poz. 469) zwanej dalej *ustawą Prawo Wodne*.

Według ustawy Prawo wodne jeżeli od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, jest zapewniona odpowiednia ochrona przed powodzią, na mapach zagrożenia powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, mogą być przedstawione wyłącznie obszary, na

których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest niskie i wynosi raz na 500 lat lub na których istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia ekstremalnego.

W I cyklu planistycznym na mapach od strony morza przedstawiono również obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi raz na 100 lat, biorąc pod uwagę potrzeby zgłaszane przez instytucje odpowiedzialne za planowanie przestrzenne i ochronę przeciwpowodziową.

Mapy zagrożenia powodziowego od strony morza przedstawiają następujące elementy:

1. zasięg powodzi;
2. głębokość wody lub poziom zwierciadła wody.

Dla obszarów, dla których wykonane zostały mapy zagrożenia powodziowego, zgodnie z art. 88 e ustawy Prawo wodne, sporządza się mapy ryzyka powodziowego.

Mapy ryzyka powodziowego określają wartości potencjalnych strat powodziowych oraz przedstawiają obiekty narażone na zalanie w przypadku wystąpienia powodzi o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia. Są to obiekty, które pozwolą na ocenę ryzyka powodziowego dla zdrowia i życia ludzi, środowiska, dziedzictwa kulturowego i działalności gospodarczej, czyli grupy, dla których należy ograniczyć negatywne skutki powodzi zgodnie z celami Dyrektywy Powodziowej.

W tym celu na mapach ryzyka powodziowego przedstawia się:

1. szacunkową liczbę mieszkańców, którzy mogą być dotknięci powodzią;
2. rodzaje działalności gospodarczej wykonywanej na obszarach zagrożenia powodziowego;
3. instalacje mogące, w razie wystąpienia powodzi, spowodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości;
4. występowanie:
 - a) ujęć wody, stref ochronnych ujęć wody lub obszarów chronionych zbiorników wód śródlądowych,
 - b) kąpielisk,
 - c) obszarów Natura 2000, parków narodowych oraz rezerwatów przyrody;
5. w uzasadnionych przypadkach:

a) obszary, na których mogą wystąpić powodzie, którym towarzyszy transport dużej ilości osadów i rumowiska,

b) potencjalne ogniska zanieczyszczeń wody.

Szczegółowy zakres i wymagania dotyczące opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego, jak również skalę map, określa Rozporządzenie. Szczegółowy opis zawartości map został również przedstawiony w dalszej części niniejszej metodyki.

V. SCENARIUSZE POWODZIOWE

Wskazane scenariusze powodziowe zostały opracowane na podstawie Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim oraz ustawy Prawo Wodne. Scenariusze powodziowe, dla których zostanie wykonane modelowanie hydrauliczne:

1. Scenariusz [H 0,2%] – niskie prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi wynoszące raz na 500 lat [H 0,2%];
2. Scenariusz [H 1%] – średnie prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi wynoszące raz na 100 lat [H 0,2%];
3. Scenariusz [Z 1%] – całkowite zniszczenie wskazanego wału przeciwpowodziowego i przeciwsztormowego lub innych elementów systemu ochrony brzegów (budowli ochronnych pasa technicznego) w przypadku powodzi o prawdopodobieństwie wystąpienia raz na 100 lat [H 1%];
4. Scenariusz [Z 0,2%] – całkowite zniszczenie wskazanego wału przeciwpowodziowego i przeciwsztormowego lub innych wskazanych elementów systemu ochrony brzegów (budowli ochronnych pasa technicznego) w przypadku powodzi o prawdopodobieństwie wystąpienia wynoszącego raz na 500 lat [H 0,2%];

W scenariuszu, o którym mowa w pkt.1 i 2 należy uwzględnić również obszary zagrożenia powodziowego od strony morza wynikające z przelania się wód przez koronę wałów przeciwpowodziowych lub przeciwsztormowych (w wyniku tego, że wał jest zbyt niski).

Scenariusz, o którym mowa w pkt.3 uwzględnia całkowite zniszczenie budowli ochronnych pasa technicznego.

W scenariuszu, o którym mowa w pkt.4, uwzględniona się całkowite zniszczenie wskazanych budowli, które zabezpieczają przed powodzią o prawdopodobieństwie raz na 500 lat. Z uwagi na fakt, że aktualnie realizowane inwestycje przeciwpowodziowe były, lub są projektowane w celu zabezpieczenia przed powodzią o prawdopodobieństwie raz na 100 lat, natomiast inwestycje realizowane przed wejściem dyrektywy powodziowej mogły być realizowane, w celu zabezpieczenia

przed powodzią o prawdopodobieństwie nawet raz na 50 lat, to wyniki map opracowanych dla scenariusza Z 0,2% byłyby tożsame z wynikami map opracowanych dla scenariusza Z 1%. Z tego powodu wystarczające jest opracowywanie map wyłącznie dla scenariusza Z 1%, natomiast scenariusz Z 0,2% nie będzie użyteczny z uwagi na fakt, że administracja morska nie realizuje inwestycji mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa przed taką powodzią (w przypadku powodzi o prawdopodobieństwie raz na 500 lat woda i tak przeleje się przez system ochrony brzegu).

W Dyrektywie 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim znajduje się zapis mówiący o tym, że państwa członkowskie mogą podjąć decyzję, aby w przypadku obszarów wybrzeża, na których występuje odpowiednia ochrona, przygotowanie map ograniczyć do scenariusza o niskim prawdopodobieństwie powodzi lub scenariusze zdarzeń ekstremalnych. Dodatkowo ustawa Prawo Wodne wskazuje, że na mapach zagrożenia powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, z wyłączeniem ujściowych odcinków rzek, mogą być przedstawione obszary, na których prawdopodobieństwo powodzi jest niskie i wynosi raz na 500 lat lub na których istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia ekstremalnego. W związku z zapisami aktów prawnych, dla powodzi od strony morza nie jest przedstawiany scenariusz powodzi o wysokim prawdopodobieństwie wystąpienia wynoszącym raz na 10 lat.

Zgodnie z projektem rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej w sprawie granicznej linii ochrony są odcinki, dla których wymagane jest zabezpieczenie przed powodzią o prawdopodobieństwie raz na 200 lat i na tych odcinkach nowe budowle ochrony brzegu będą musiały chronić przed powodzią o prawdopodobieństwie raz na 200 lat. W związku z tym dla tych odcinków można wykonać mapy dla scenariusza zniszczenia wałów dla powodzi o prawdopodobieństwie raz na 200 lat [H0,5%].

VI. PRZYGOTOWANIE DANYCH WEJŚCIOWYCH DLA MZP I MRP OD STRONY MORZA

Aktualność danych wejściowych wykorzystanych do opracowania MZP i MRP od strony morza jest ważnym czynnikiem wpływającym na aktualność samych map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego. W trakcie prac związanych z opracowywaniem map pozyskać należy najbardziej aktualne dostępne dane, zgodnie z wytycznymi zawartymi w Metodkach oraz Rozporządzeniu.

Do opracowania MZP i MRP od strony morza niezbędne są dane do modelowania hydraulicznego będącego podstawą wyznaczania obszarów zagrożenia powodziowego.

Zestawienie wykorzystanych danych i materiałów źródłowych w I cyklu planistycznym, wraz z ich aktualnością, zamieszczono w Raporcie KZGW z wykonania MZP i MRP.

Niezbędny zakres danych wejściowych do opracowania MZP i MRP od strony morza zawarto w tabeli 6.1. Przedstawiono nazwę instytucji z której należy pozyskać dane, format w którym dane powinny być zgromadzone, przy uwzględnieniu że MZP i MRP od strony morza będą przedstawiać całkowity zasięg zagrożenia powodziowego od strony morza, tj. nie ograniczony do granicy administracji morskiej .

Tabela 6.1. Zestawienie danych wejściowych potrzebnych do realizacji MZP i MRP

Nazwa instytucji	Dane	Format
Urzędy Morskie		
	dane batymetryczne dla wód przybrzeżnych	*xyz, *shp, *dwg, *asc, *dat, *pdf
	przebieg pasa technicznego i ochronnego, granice portów i przystani morskich, kilometraż brzegu morskiego	*shp, *dwg, *txt, *pdf
	numeryczny model terenu (NMT) oraz numeryczny model pokrycia terenu (NMPT)	*xyz, *asc, *tif, *las
Główny Urząd Geodezji i Kartografii	mapy topograficzne 1: 10 000	*tif
	ortofotomapy (wielkość terenowa piksela: 0,1 m, 0,25 m, 0,5 m)	*tif
	państwowy rejestr granic (PRG)	*shp
	państwowy rejestr nazw geograficznych (PRNG)	*shp
	baza danych obiektów topograficznych BDOT	*shp
	mapa hydrograficzna w skali 1: 50 000	*shp
	mapa sozologiczna w skali 1: 50 000	*shp
	numeryczny model terenu (NMT) oraz numeryczny model pokrycia terenu (NMPT)	*xyz, *asc, *tif, *las
	biblioteka znaków umownych przyjętych do stosowania na mapach topograficznych w skali 1:10 000	*style
Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej	skorowidz map 1: 10 000	*shp
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy	dane hydrologiczne opracowane w zakresie niezbędnym do modelowania hydraulicznego- szczegółowo opisane w rozdz.VII	*xls, *txt, *jpg, *dwg
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad Zarządy Dróg Miejskich urzędy gmin Polskie Koleje Państwowe Główny Inspektorat Ochrony Środowiska	ujęcia wód podziemnych	*xls, *shp
	Mapa Podziału Hydrograficznego Polski MPHP 2013	*shp
	przekroje poprzeczne korytowe mokre ujściowych odcinków rzek pod wpływem morza, wraz z dokumentacją zdjęciową oraz inwentaryzacją budowli hydrotechnicznych i komunikacyjnych – opracowane na potrzeby przeglądu i aktualizacji MZP i MRP przez KZGW	*shp, *xls, *txt, *jpg, *pdf
	dane dot. obiektów mostowych	*pdf, *jpg, *xls
	dane dot. obiektów mostowych	*pdf
	dane dot. obiektów mostowych	*pdf
	dane dot. obiektów mostowych	*pdf, *shp
dane z Krajowego Rejestru Uwalniania i Transferu	*xls	

Nazwa instytucji	Dane	Format
	Zanieczyszczeń (POL PRTR) – informacje o oczyszczalniach ścieków komunalnych i przemysłowych w latach 2009, 2010 i 2011	
Polskie Koleje Państwowe	dane z Rejestru składowisk odpadów – dane dotyczące składowisk odpadów za lata 2009, 2010 i 2011	*mdb, *xls
Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Ministerstwo Spraw Wewnętrznych Główny Urząd Statystyczny	wykaz prowadzonych baz danych, ich formy i dostępności	*pdf
	dane statystyczne ze zbioru PESEL wraz z podaniem ich struktury	*txt
Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad Zarządy Dróg Miejskich Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego	roczniki statystyczne	*xls, *,pdf
	wykaz muzeów i skansenów z Państwowego Rejestru Muzeów	*doc
Główny Urząd Statystyczny	wykaz budynków i lokali zajmowanych przez archiwa państwowe	*xls
Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego UNESCO Narodowy Instytut Dziedzictwa	wykaz zabytków wpisanych do rejestru zabytków	*pdf
Główny Inspektorat Ochrony Środowiska	dane dot. lokalizacji bibliotek, muzeów i skansenów	*shp, *xls
Polskie Koleje Państwowe	lista obiektów wpisanych na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO	*doc
Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Ministerstwo Spraw Wewnętrznych Główny Urząd Statystyczny Główny Inspektorat Sanitarny Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska	lokalizacja obiektów wpisanych na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO; lokalizacja zabytków wpisanych do rejestru zabytków	*shp
	wykaz kąpielisk raportowanych do Komisji Europejskiej	*shp, *xls
	granice obszarów Natura 2000, w tym granice obszarów specjalnej ochrony ptaków oraz specjalnych obszarów ochrony siedlisk	*shp
Główny Inspektorat Sanitarny	granice parków narodowych	*shp
Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska Główny Inspektorat Ochrony Środowiska Narodowy Fundusz Zdrowia	granice rezerwatów przyrody	*shp
Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego UNESCO Narodowy Instytut Dziedzictwa Ministerstwo Sprawiedliwości	wykaz instalacji IPPC zgromadzonych w rejestrze wniosków oraz pozwoleń zintegrowanych	*mdb
	wykaz zakładów o dużym i zwiększonym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej	*doc
	dane dot. lokalizacji hospicjów	*xls
	dane dot. lokalizacji zakładów poprawczych i schronisk dla nieletnich	*xls
Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej	dane dot. lokalizacji ośrodków pomocy społecznej	*xls, *doc
Centralny Zarząd Służby Więziennej	dane dot. lokalizacji aresztów śledczych i zakładów karnych	*xls

Powyższy zakres danych wejściowych musi uwzględniać strukturę bazy danych opracowaną na potrzeby opracowania MZP i MRP przez Prezesa KZGW.

VI.1. NUMERYCZNY MODEL TERENU

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 grudnia 2012 r., na potrzeby opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego wykorzystać należy numeryczny model terenu o rozdzielczości 1 m oraz dokładności wysokościowej 0,1–0,15 m. Jest on elementem zasobu GUGiK.

Dane pomiarowe do numerycznego modelu terenu (NMT) oraz numerycznego modelu pokrycia terenu (NMPT) pozyskane zostały metodą lotniczego skaningu laserowego w dwóch standardach chmury punktów:

- Standard I – gęstość 4/6 p/m², Z_{RMS} 0,15 m, XY_{RMS} 0,5 m;
- Standard II (dla miast) – gęstość 12 p/m², Z_{RMS} 0,10 m, XY_{RMS} 0,4 m.

Dane były pozyskiwane w latach 2011 – 2016.

Wymienione dane stanowią podstawę do tworzenia struktur obliczeniowych, wykorzystywanych podczas modelowania hydraulicznego zagrożeń od strony wód morskich. W I cyklu planistycznym obszary zagrożenia powodziowego od strony tego typu wód zostały wyznaczone na podstawie modelowania, bazującego na regularnych strukturach obliczeniowych (siatki kwadratowe). Istnieje również możliwość zastosowania nieregularnych (np. trójkątnych) siatek obliczeniowych. Niestety oprogramowanie oparte na nieregularnej siatce obliczeniowej wykorzystywane w I cyklu planistycznym, umożliwiało tworzenie modeli opartych na maksymalnie 150 000 węzłach obliczeniowych, podczas gdy siatka ortogonalna pozwalała na budowę modeli opartych na ponad 15 milionach węzłów obliczeniowych. Podejmowane próby wykonywania obliczeń na siatkach nieregularnych w innym oprogramowaniu (niż użyte w I cyklu planistycznym), mimo pozornych zalet, nie dawały zadowalających wyników przy zakładanej precyzji numerycznego modelu terenu.

Zastosowanie nieregularnych struktur obliczeniowych związane jest na ogół z redukcją ilościową danych wysokościowych. Redukcja polega na wyborze jedynie punktów istotnych, mających swój wpływ na warunki przepływu wód podczas wezbrań sztormowych lub rzecznych. Przeprowadzone badania w tym zakresie (Bakuła, 2014) pozwalają stwierdzić, iż ilościowa redukcja danych wysokościowych jest rozwiązaniem, które może być zastosowane podczas procesu modelowania hydraulicznego. W swoich badaniach do przygotowania nieregularnej struktury obliczeniowej autor zakładał wykorzystanie nieregularnej siatki obliczeniowej, wygenerowanej automatycznie przez oprogramowanie do modelowania, bez uwzględnienia punktów istotnych. Jak sam autor zauważa: „W przypadku analizowanej siatki obliczeniowej nie ma bezpośredniej możliwości wykorzystania punktów istotnych jako węzłów siatki...”. Istnieje więc konieczność manualnego „zagęszczania stworzonej siatki w niewralgicznych z punktu widzenia modelowania hydraulicznego miejscach”. Zagęszczanie musi odbywać się w sposób bardzo precyzyjny, by nie spowodować utraty informacji wysokościowej. W skomplikowanych układach hydrograficznych strefy brzegowej Morza Bałtyckiego, Żuław Wiślanych, Zalewu Szczecińskiego i Wiślanego proces ten będzie z pewnością bardzo pracochłonny. Z tego powodu wykonawca przeglądu i aktualizacji MZP i MRP podejmie

decyzję o wyborze odpowiedniego rodzaju modelu dwuwymiarowego do określenia zasięgu zagrożenia powodziowego.

VI.2. PRZEKROJE KORYTOWE RZEK

Pomiary bezpośrednie przekrojów korytowych mokrych oraz obiektów inżynierskich wykonane zostały w Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych 1992 (PUWG 1992) i w geodezyjnym układzie wysokościowym Kronsztadt 86 (PL-KRON86-NH), zgodnie z ustawą z dnia 17 maja 1989 r. - Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz. U. z 2010 r. nr 193, poz. 1287 z późn. zm) oraz wytycznymi zawartymi w instrukcjach technicznych GUGiK O-1, O-2, G-4 i G-1.12. Wszystkie dane pozyskane w latach 2011-2012 w ramach projektu ISOK dostępne są w Krajowym Zarządzie Gospodarki Wodnej lub właściwych terytorialnie regionalnych zarządach gospodarki wodnej.

Przekroje korytowe zlokalizowane zostały na podstawie analizy dostępnych materiałów (głównie map topograficznych i ortofotomap) w miejscach charakterystycznych, tzn. reprezentatywnych dla odcinka koryta (ze względu na zmienność kształtu koryta, nachylenia i materiału dna), sytuowane prostopadle do osi cieku. Zgodnie z Metodką opracowania produktów geodezyjnych i kartograficznych przekroje korytowe lokalizowane były najczęściej w odległościach nie większych niż 500 m w obszarze o charakterze górzystym i nie większych niż 1 500 m w obszarze o charakterze nizinym.

Przekroje korytowe zostały tak pomierzone, aby oprócz samego koryta cieku obejmowały również pas terenu o szerokości 5 m licząc na prawo i na lewo od górnej krawędzi skarpy brzegowej koryta w kierunku na zewnątrz od osi cieku. Przekroje korytowe opracowano w taki sposób, aby możliwie jak najdokładniej odzwierciedlać kształt koryta cieku. Pomiar przekroju został zrealizowany w punktach załamania linii przekroju.

W ramach prac geodezyjnych wykonana została ponadto szczegółowa inwentaryzacja obiektów inżynierskich znajdujących się na ciekach objętych opracowaniem, tj.:

1. obiektów mostowych (w tym mostów i kładek);
2. obiektów hydrotechnicznych (w tym zapór, jazów i stopni).

Inwentaryzacja obiektów inżynierskich polegała na zidentyfikowaniu w terenie rzeczywistych lokalizacji obiektów, przy czym uwzględnione zostały wyłącznie obiekty, które spełniają przynajmniej jedno z poniższych kryteriów:

1. w przypadku obiektów mostowych:
 - posiadają filary o szerokości (lub średnicy) co najmniej 0,5 m;
 - posiadają rzędne spodu konstrukcji niższe od poziomu wyznaczonego przez dodanie 2 m do rzędnych górnych krawędzi skarp brzegowych, przy czym grubość ich głównej poziomej konstrukcji przekracza 0,5m;
 - posiadają przyczółki, które znajdują się w całości lub częściowo w przekroju korytowym.
2. w przypadku obiektów hydrotechnicznych:
 - są zaporami przeciwrumowiskowymi;

- są pojedynczymi obiektami o wysokości progu przelewowego co najmniej 0,8 m (za wyjątkiem stopni, bystrz i ramp);
- są obiektami początkowymi i końcowymi systematycznej lub odcinkowej korekcji progowej lub stopniowej i charakteryzują się wysokością progu przelewowego co najmniej 0,8 m;
- są dużymi obiektami hydrotechnicznymi, typu stopnie i jazy o zmiennym, sterowanym piętrzeniu przez podniesienie zamknięć.

Z uwagi na ograniczenia czasowe i finansowe pozyskania pomiarów geodezyjnych dla przekrojów korytowych (tzw. mokrych), w celu zwiększenia całkowitej liczby przekrojów oraz terminowego rozpoczęcia procesu modelowania, w Projekcie ISOK wykorzystane zostały również pomiary geodezyjne wykonane w ramach Studiów ochrony przeciwpowodziowej (odstępstwo od Metodyki opracowania produktów geodezyjnych i kartograficznych dla potrzeb wdrażania Dyrektywy 2007/60/WE w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim). Pomiary geodezyjne ze Studiów wykorzystano jedynie w obszarze koryta właściwego modelowanych rzek, przekroje dolinowe pozyskano na podstawie aktualnego NMT.

Realizacja aktualizacji map zagrożenia powodziowego wymaga przeprowadzenia weryfikacji istniejących zasobów danych pod kątem ich poprawności i kompletności. W szczególności należy przeprowadzić inwentaryzację wszelki prac przeprowadzonych lub prowadzonych na wybrzeżu oraz w korytach rzek od ostatniego okresu pozyskania tych informacji (tj. okresu 2011-2012 oraz częściowo do 2014 r.).

VII. PRZYGOTOWANIE I OPRACOWANIE DANYCH HYDROLOGICZNYCH NA POTRZEBY MODELOWANIA HYDRAULICZNEGO

Na potrzeby przeglądu i aktualizacji MZP i MRP konieczne jest opracowanie danych hydrologicznych ze stacji mareograficznych w zakresie niezbędnym do przeprowadzenia modelowania hydraulicznego, w celu określenia zagrożenia powodziowego od strony wód morskich, w tym morskich wód wewnętrznych oraz w odcinkach rzek uchodzących do morza. Dane niezbędne do modelowania powinny zawierać:

- 1) charakterystyki hydrologiczne stacji mareograficznych,
- 2) poziomy wody dla przyjętych scenariuszy powodziowych (H1%, H 0,2%),
- 3) hipotetyczne wezbrania sztormowe dla przyjętych scenariuszy powodziowych (H1%, H 0,2%),
- 4) średnie przepływy w ujściowych odcinkach rzek kontrolowanych i niekontrolowanych.
- 5) historyczne wezbrania sztormowe

VII.1. Charakterystyki hydrologiczne stacji mareograficznych

Charakterystyki hydrologiczne stacji mareograficznej powinny być przedstawione w postaci stanów charakterystycznych SNW, SW, SWW. Charakterystyki należy przygotować dla wszystkich czynnych stacji pomiarowych. W opisie stacji mareograficznej należy uwzględnić podanie rzędnej zera wodowskazu w układzie odniesienia Kronsztadt86. W przypadku stacji pomiarowych w ujściowych odcinkach rzek do morza należy przedstawić km biegu rzeki oraz powierzchnię zlewni.

Charakterystyczne poziomy wody:

- **SNW** ₍₁₉₅₁₋₂₀₁₆₎ – średnia wartość z najniższych poziomów wody zanotowanych w latach 1951-2016,
- **SW** ₍₁₉₅₁₋₂₀₁₆₎ – średnia wartość ze średnich poziomów wody zanotowanych w latach 1951-2016,
- **SWW** ₍₁₉₅₁₋₂₀₁₆₎ – średnia wartość z najwyższych poziomów wody zanotowanych w latach 1951-2016.

Charakterystyczne poziomy wody powinny zostać wyznaczone z okresu 1951-2016, tam gdzie są dostępne takie dane. Tylko jeżeli dla danej stacji nie były prowadzone obserwacje od roku 1951 to obliczenia mogą obejmować dane z późniejszego okresu, ale nie krótszego niż 10 lat. Dodatkowo rekomenduje się wyznaczenie stanów charakterystycznych wysokich wód - WW, tzn. najwyższej wartości z zanotowanych najwyższych poziomów wody w latach 1951-2016.

VII.2. Poziomy wody dla przyjętych scenariuszy powodziowych (H1%, H0,2%).

W odróżnieniu od zagrożenia powodziowego od rzek, gdzie głównym parametrem charakteryzującym zagrożenie powodziowe jest przepływ wody, w przypadku zagrożenia powodziowego od strony morza (w tym morskich wód wewnętrznych), jest poziom wody.

Ujściowe odcinki rzek podlegają nieustannemu oddziaływaniu Morza Bałtyckiego. Wpływ ten uwidacznia się najwyraźniej podczas występowania wezbrań sztormowych. W ujściowych odcinkach rzek przymorskich dochodzi wówczas do zjawiska cofki sztormowej. Cofka sztormowa jest definiowana jako hydrologiczne oddziaływanie wezbrania sztormowego na ujściowe odcinki rzek przymorskich. Wówczas woda morska wtłaczana jest do rzek utrudniając, a nawet wstrzymując swobodny odpływ wody rzecznej w kierunku odbiornika (Jednorąg, 2007). Podczas tego typu zjawisk woda rozlewa się na przyległe do koryta tereny powodując zagrożenie powodziowe. Cofka sztormowa może powodować również całkowite zahamowanie odpływu wód rzecznych lub nawet

właczanie wód morskich w górę cieku. W niektórych przypadkach pojawia się również zjawisko jednoczesnego występowania w korycie cieku przepływów o przeciwnych kierunkach (Kurnatowski, 2012).

Według „*Metodyki obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia...*”, poziom wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia został opisany wzorem:

$$H_{p\%} = H_{\bar{s}r} + \text{wzrost}_{p\%}$$

gdzie,

$H_{p\%}$ - poziom wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia, [cm]

$H_{\bar{s}r}$ – średni poziom wody obliczony dla okresu referencyjnego 1970-1990 [cm]

$\text{wzrost}_{p\%}$ - wzrost powyżej średniego poziomu wody $H_{\bar{s}r}$, o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia obliczony na podstawie rozkładu statystycznego, [cm]

Natomiast poziom wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia przy uwzględnieniu oddziaływania morza i zmian klimatycznych został opisany wzorem:

$$H_m = H_{p\%} + H_f + H_k$$

gdzie:

H_m – poziom wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia przy uwzględnieniu oddziaływania morza i zmian klimatu, [cm]

$H_{p\%}$ - poziom wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia, [cm]

H_f – oddziaływanie morza (falowanie), [cm]

H_k – wzrost poziomu morza (anomalie) wzdłuż polskiego wybrzeża Bałtyku wywołany zmianami klimatu, [cm]

VII.3. Wyznaczanie poziomów wody o określonym poziomie przewyższenia ($H_{p\%}$)

Na podstawie analizy przeprowadzonej w „*Metodyce obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia...*”, zaleca się stosowanie do obliczeń poziomów wody - o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia - zanotowane dane o maksymalnych rocznych poziomach wody dla okresu ostatnich 30 lat tzn. 1987-2016. Przy opracowywaniu statystycznych rozkładów prawdopodobieństwa maksymalnych rocznych poziomów wody należy zastosować rozkład wartości ekstremalnych (Gumbela). Pozostałe rozkłady nie znajdują

potwierdzenia w intensyfikacji zjawisk w ostatnim czasie (Sztobryn i in. 2010). Potwierdzenie zasadności zastosowania rozkładu wartości ekstremalnych znajduje się w „*Monografii wezbrań sztormowych wzdłuż południowego Bałtyku*” (Sztobryn i in. 2005) przygotowanej przez IMGW-PIB Oddział Morski i Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH, Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany).

Rozkład wartości ekstremalnych posiada funkcję gęstości o postaci:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x-\mu}{\beta}} e^{-e^{-\frac{x-\mu}{\beta}}} \quad \text{dla } -\infty < x < \infty \text{ i } \beta > 0$$

gdzie:

μ - parametr położenia

β – parametr skali

e – podstawa logarytmu naturalnego, stała Eulera (2,71)

Dystrybuanta rozkładu wartości ekstremalnych ma postać:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-\mu}{\beta}}}$$

W ramach aktualizacji map zagrożenia powodziowego konieczne jest obliczenie wartości poziomów wody dla czynnych stacji pomiarowych o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% (tzn. raz na 100 lat) oraz 0,2% (raz na 500 lat).

VII.4. Wyznaczanie różnicy poziomów wody wynikającej z falowania (H_f)

Metody szacowania wartości dodanej ze względu na oddziaływanie morza (falowanie) H_f , zostało przedstawione w dokumencie pt.: „*Metodyka obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania Map Zagrożenia Powodziowego oraz Map Ryzyka Powodziowego*” (Sztobryn i in., 2010). Niestety w dokumencie tym zbyt ogólnie zostało potraktowane podejście do zjawiska falowania, co zrodziło wiele wątpliwości - w szczególności w odniesieniu do opracowywania map zagrożenia powodziowego o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=1\%$. Opracowanie to - oprócz braku wyodrębnienia różnic falowania zależnych od określonego prawdopodobieństwa – nie posiadało precyzyjnego zapisu ani uzasadnienia dla zmienności wielkości falowania zależnego od rodzaju akwenu: otwartego morza, zalewów, zatok, portów, cieśnin i odcinków rzek uchodzących do morza). Niejasności te zostaną szczegółowo omówione poniżej.

Oddziaływanie hydrodynamiczne morza i morskich wód wewnętrznych

Uwzględnienie oddziaływania hydrodynamicznego (falowania) w obliczeniach zagrożenia powodziowego rozpatrywane jest w odmienny sposób dla różnych obszarów poddanych oddziaływaniu morza, do których zaliczyć należy:

- ujściowe odcinki rzek,
- brzegi otwartego morza i zatoki (zabudowane, naturalne)
- zalewy,
- jeziora przy morskie,
- akweny portowe (w ujściach rzek, bez obecności rzek).

VII.4.1. Falowanie w ujściowych odcinkach rzek

W ujściowych odcinkach rzek nie uwzględnia się wpływu falowania.

Średni poziom wody mierzony przez mareograf jest sumą oddziaływań wszystkich chwilowych czynników mających wpływ na zmianę tego poziomu, tj.:

- lokalnego wiatru, który w zależności od kierunku, prędkości i rozciągłości działania spiętrza lub obniża poziom wody,
- wlewów wód z Morza Północnego, które przy długotrwałych wiatrach z kierunków zachodnich i północnych podnoszą poziom wody u południowych brzegów Bałtyku,
- długookresowe oscylacje Bałtyku, tzw. sejsze, które mogą podnosić lub obniżać poziom wody w strefie brzegowej,
- falowania – fale podchodzące do brzegu powodują wzrost poziomu wody tzw. *set-up*.

VII.4.2. Falowanie na brzegach otwartego morza i zatok

Dla brzegów naturalnych (wydmowych) wzrost poziomu wody uwzględniający falowanie wyznacza się z zależności:

$$H_f = 0.7 \cdot h_z$$

gdzie:

h_z – głębokość w miejscu ostatniego załamania fali przed stopą wydmy.

Najczęściej wartość głębokości h_z przyjmowana jest jako 0.5 m. W przypadku średniego poziomu morza załamanie to zlokalizowane jest u podstawy wału brzegowego. Natomiast w przypadku wysokich spiętrzeń sztormowych miejsce załamania fali przesuwa się w kierunku podstawy wydmy.

W przypadku konieczności bardziej szczegółowego określenia tempa rozmywania wydm w warunkach sztormowych można zastosować model numeryczny Xbeach, (2010).

Falowanie na brzegach zabudowanych

Dla brzegu zabudowanego wałami przeciwsztormowymi oraz opaskami brzegowymi, w którym falowanie bezpośrednio oddziałuje na konstrukcje - wzrost poziomu wody uwzględniający falowanie jest wyższy niż dla brzegu naturalnego. Wzrost ten uzależniony jest od nachylenia konstrukcji, jej przepuszczalności oraz od głębokości wody u podstawy budowli. Dla tego typu konstrukcji, w modelowaniu zagrożenia powodziowego, nie wyznacza się wzrostu poziomu wody wywołanego falowaniem, a określa się ilość wody przelewającej się przez konstrukcję. W tym celu oblicza się wysokość nabiegania fali i możliwość jej przelewania się na zaplecze formułami zamieszczonymi w Coastal Engineering Manual (CEM 2004) oraz Die Küste (2007). Obliczenia te wykonuje się następująco:

VII.4.2.1. Wysokość nabiegania fali

Założenia:

- budowla nieprzepuszczalna,
- fale podchodzą prostopadle do budowli,
- uwzględniana jest tylko szorstkość budowli.

Przy tych założeniach wysokość nabiegania fali na konstrukcję ma postać CEM (2004):

$$Ru_{2\%} = H_s \cdot (A \cdot \zeta + C) \gamma_r$$

gdzie:

$Ru_{2\%}$ – wysokość nabiegania z 2% prawdopodobieństwem przekroczenia obliczonej wartości,

H_s – wysokość fali znacznej u stopy (podstawy) budowli.

Wysokość fali znacznej H_s można przyjąć w przybliżeniu jako równą :

$$H_s = 0.7 \cdot d$$

gdzie:

d – głębokość wody u stopy (podstawy) budowli przy poziomie wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia z uwzględnieniem zmian klimatu.

Wały przeciwsztormowe i opaski brzegowe są z reguły stawiane u podstawy wydmy, czyli przy średnim poziomie morza nie mają kontaktu z wodą.

Porównujemy przyjęty w obliczeniach poziom wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia z uwzględnieniem zmian klimatu z rzędną terenu u podstawy budowli. Jeżeli przyjęty w obliczeniach poziom wody jest niższy od tej rzędnej nie obliczamy wysokości nabiegania fali na konstrukcję.

Profile batymetryczno-tachimetryczne łącznie z lokalizacjami budowli i ich geometrycznymi wymiarami są w posiadaniu Urzędów Morskich.

Pozostałe wielkości występujące w formule obliczającej nabieganie fali oznaczają:

$$\zeta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{\frac{H_s}{L}}}$$

gdzie:

α – kat nachylenia budowli,

L – długość fali [m]

$$L = \eta \cdot L_0$$

gdzie:

L_0 – długość fali na głębokiej wodzie [m],

$$L_0 = 1.56 \cdot T^2$$

T – okres fali. (w warunkach sztormowych okres jest zawarty w przedziale 6÷8 s),

η – współczynnik zmniejszający, interpolowany z tab.7.1.

Tab.7.1. Wartości współczynnika η (poradnik Hydrotechnika (1992))

d/L_0	η	d/L_0	η	d/L_0	η
0.01	0.2479	0.170	0.8501	0.480	0.9953
0.025	0.3859	0.200	0.8894	0.500	0.9964
0.035	0.4517	0.250	0.9333	0.520	0.9971
0.050	0.5311	0.300	0.9612	0.550	0.9980
0.060	0.5752	0.320	0.9690	0.580	0.9986
0.075	0.6323	0.350	0.9780	0.600	0.9990
0.085	0.6655	0.380	0.9845	0.620	0.9992

0.100	0.7094	0.400	0.9877	0.650	0.9997
0.120	0.7589	0.420	0.9903	0.700	0.9998
0.150	0.8183	0.450	0.9933	0.800	0.9999

A, C – współczynniki liczbowe zależne od wartości liczby ζ :

dla $\zeta \leq 2.5 \rightarrow A=1.6, C=0,$

dla $\zeta > 2.5 \rightarrow A=-0.2, C=4.5.$

γ_r – współczynnik zmniejszający wysokość nabiegania w zależności od szorstkości

budowli:

dla gładkiej powierzchni (asfalt, beton, gładkie bloki) $\rightarrow \gamma_r = 1.0,$

dla powierzchni pokrytej trawą $\rightarrow \gamma_r = 0.90,$

dla pojedynczego narzutu kamiennego $\rightarrow \gamma_r = 0.55 \div 0.60,$

dla kilku warstw narzutu kamiennego $\rightarrow \gamma_r = 0.50 \div 0.55.$

VI.4.2.2 Objętość przelewającej się wody przez budowlę

Przelewanie wody przez konstrukcję ma miejsce tylko wtedy, gdy obliczona wysokość nabiegania jest wyższa od rzędnej korony budowli. Formuła obliczająca ilość przelewającej się wody na 1 mb budowli ma postać (Die Küste, 2007):

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_s^3}} = \frac{0.067}{\sqrt{tg\alpha}} \cdot \zeta \cdot \exp\left(-4.75 \frac{R_c}{\zeta \cdot H_s \cdot \gamma_r}\right)$$

gdzie:

q – objętość przelewającej się wody na zaplecze brzegu [$m^3/s/mb$],

g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2],

H_s – wysokość fali znacznej u stopy (podstawy) budowli [m],

R_c – odległość od korony budowli do rozpatrywanego poziomu wody [m].

Powyższe wzory zakładają nieprzepuszczalność korpusu budowli i prostopadłe podchodzenie fali do konstrukcji, co oznacza przyjęcie konserwatywne do możliwej sytuacji rzeczywistej.

Jeżeli obliczona objętość przelewającej się wody jest mniejsza od $0.01 m^3/s/mb$, to może ona co najwyżej doprowadzić do uszkodzenia konstrukcji, natomiast jest pomijalnie mała z punktu widzenia zagrożenia powodziowego zaplecza brzegu.

Jeżeli poziom wody w morzu o określonym prawdopodobieństwie z uwzględnieniem zmian klimatu jest niższy o 0,8 m od rzędnej korony konstrukcji, to nie ma konieczności obliczania nabiegania fali i jej przelewania się na zaplecze.

Dla brzegu zabudowanego ostrogami wzrost poziomu wody uwzględniający falowanie oblicza się, jak dla brzegu naturalnego.

VII.4.3. Falowanie wód zalewów

Dla zalewów nie uwzględnia się wpływu falowania zarówno od strony morza jak i na wodach wewnętrznych.

Przy modelowaniu zagrożenia powodziowego w zalewach, biorąc pod uwagę większą dynamikę ograniczonych zbiorników wodnych z utrudnioną wymianą wód z otwartym morzem, należy uwzględnić wymuszenie w postaci wiatru wiejącego nad powierzchnią rozpatrywanego zbiornika wodnego. Wymuszenie tego typu powoduje lokalne spiętrzenia/obniżenia przy brzegach zalewów.

Nad Bałtykiem przeważają układy niskiego ciśnienia przemieszczające się z zachodu na wschód. Dla typowego układu niżowego przemieszczającego się nad południowym Bałtykiem początkowo występują wiatry z sektora SW–W, a kiedy centrum niżu przemieszcza się w kierunku wschodnim skręcają na NW–N powodując w efekcie spiętrzenie wody przy południowym brzegu Bałtyku.

Prędkości i kierunki wiatrów lokalnych przyjmowanych do obliczeń wyznacza się następująco:

- na podstawie analizy położenia brzegów akwenu względem kierunków świata oraz ich rzędnych wyznacza się kierunki wiatru mogące spowodować spiętrzenia wody grożące przelaniem się wody na zaplecze brzegu;
- na podstawie dostępnych danych wiatrowych pochodzących z najbliższej położonej stacji meteorologicznej dla każdego z wytypowanych kierunków wyznacza się oddzielnie prędkości wiatru o prawdopodobieństwie wystąpienia raz na 50 lat - zdarzenie wystąpienia wysokiego poziomu morza nie jest tożsame z tym samym poziomem prawdopodobieństwa wystąpienia prędkości wiatru nad rozpatrywanym obszarem;
- przy łącznym uwzględnieniu wpływu poziomu wody w morzu i wpływu wiatru nad akwenem wód wewnętrznych należy uwzględnić w obliczeniach brać pod uwagę tylko te kierunki wiatru, które powodują spiętrzenia wody w morzu,

- przyjmuje się czas trwania wiatru lokalnego równego czasowi liczonemu od początku do szczytu fali hipotetycznej.

W przypadku posiadania archiwalnych danych o wezbraniach sztormowych u brzegów rozpatrywanego akwenu skorelowanych z lokalnymi prędkościami i kierunkami wiatrów należy przyjąć do modelowania numerycznego średni rozkład wezbrania hipotetycznego z odpowiadającymi parametrami wiatrowymi otrzymanymi z analizy tych danych.

VII.4.4. Falowanie wód jezior przymorskich

Dla jezior przymorskich nie uwzględnia się wpływu falowania zarówno od strony morza jak i w akwenach wód wewnętrznych.

Analogicznie jak dla zalewów, zbiorniki te podlegają dynamicznym zmianom wywołanym oddziaływaniem wiatru. Stąd w modelowaniu numerycznym zagrożeń powodziowych w płytkich jeziorach przymorskich należy uwzględnić wymuszenie w postaci wiatru wiejącego nad powierzchnią rozpatrywanego zbiornika wodnego.

Prędkości i kierunki wiatrów lokalnych przyjmuje się w obliczeniach analogicznie jak dla zalewów.

VII.4.5. Falowanie w akwenach portowych

W akwenach portowych nie podlegających oddziaływaniu rzek należy uwzględnić wpływ falowania morskiego w następujący sposób:

- porównanie poziomu wody o określonym poziomie prawdopodobieństwa łącznie z uwzględnieniem zmian klimatu z rzędnymi nabrzeży portowych;
- dla nabrzeży o rzędnych korony wyższych o 0,8 m od analizowanego poziomu wody wpływ falowania pomija się;
- dla nabrzeży o rzędnych korony niższych niż 0,8 m należy przeanalizować rozkład wysokości falowania w akwenach portowych i wytypować odcinki nabrzeży potencjalnie zagrożone przelewaniem się fal;
- w modelowaniu zagrożenia powodziowego należy określić ilość wody przelewającej się przez nabrzeża na wytypowanych odcinkach. Objętość wody przelewającej się na metr bieżący konstrukcji wyznacza się formułą (Die Küste, 2007),

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_s^3}} = 0.04 \cdot \exp\left[-1.8 \cdot \frac{R_c}{H_s}\right]$$

gdzie:

q – objętość przelewającej się wody na nabrzeże [$\text{m}^3/\text{s}/\text{mb}$],

g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2],

H_s – wysokość fali znacznej w sąsiedztwie nabrzeża [m],

R_c – odległość od korony nabrzeża do rozpatrywanego poziomu wody [m].

Wzór ten zakłada prostopadłe podchodzenie fali do nabrzeża, co oznacza przyjęcie konserwatywne do możliwej sytuacji rzeczywistej (ukośne podejście fali).

Dla większości portów obliczenia rozkładu wysokości falowania w portach zostały wykonane w przeszłości i są w posiadaniu urzędów morskich. W portach, dla których brak tego typu obliczeń należy wykonać analizę falowania.

W portach podlegających oddziaływaniu rzek należy uwzględnić wpływ falowania morskiego w sposób analogiczny biorąc pod uwagę dodatkowo:

- powstawanie cofki na rzece,
- w zależności od rzędnych brzegów rzeki i/lub wałów przeciwsztormowych w modelowaniu numerycznym uwzględnienie możliwości wystąpienia wody z koryta w obszarach sąsiadujących z portem.

Wzrost poziomu morza uwzględniający zmiany klimatu

W obliczanych scenariuszach zagrożeń powodziowych wzrost poziomu spowodowany zmianami klimatycznymi nie powinien przekraczać okresu 100 letniego, tj. najdłuższego czasu żywotności konstrukcji hydrotechnicznych. Dla poziomów wody o prawdopodobieństwie wystąpienia raz na 200 czy raz na 500 lat ekstrapolacja klimatycznych zmian poziomów wody jest nieuzasadniona.

VII.5. Wyznaczanie różnicy poziomów wody wynikającej ze zmian klimatu (H_k)

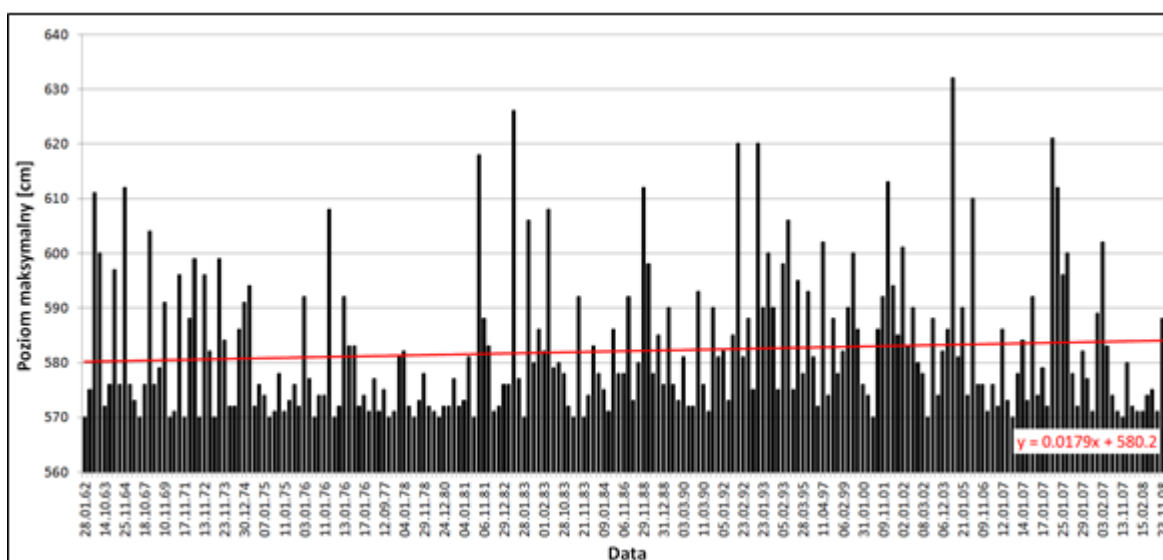
Analiza wezbrań sztormowych w wieloleciu 1960-2010 na stacjach w Świnoujściu, Kołobrzegu, Ustce, Helu, Gdyni, Gdańsku wskazuje na intensyfikację liczby wezbrań sztormowych w ostatnich dekadach (Przygodzki in., 2012). Sumarycznie na wszystkich stacjach wystąpiło łącznie 1279 wezbrań, z czego w ostatniej dekadzie wystąpiło 367 wezbrań sztormowych, co stanowi około

29% przypadków. W pierwszej dekadzie okresu obejmującego analizę, jedynie 107, co stanowi jedynie 8% przypadków (Tab.7.2.).

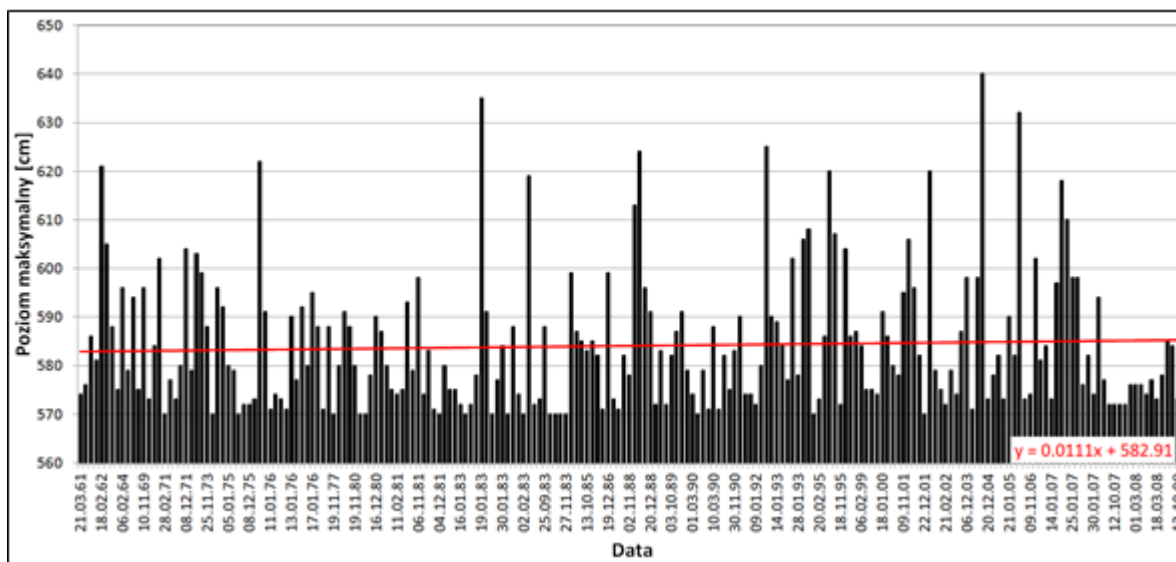
Tab.7.2. Liczba wzebrań sztormowych na analizowanych stacjach w poszczególnych dekadach w wieloleciu 1960 – 2010 (źródło Przygodzki i in., 2012)

Dekada				
1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-09
107	247	321	237	367

Analiza rozkładu w czasie wysokości maksymalnych poziomów wody podczas wzebrań w analizowanym czasie wykazuje wyraźną tendencję wzrostową w Gdyni i Ustce (rys.7.1. oraz 7.2).



Rys. 7.1. Maksymalne poziomy wody podczas wzebrań sztormowych w wieloleciu 1960-2010 na stacji w Gdyni (źródło Przygodzki i in., 2012)



Rys. 7.2. Maksymalne poziomy wody podczas wezbrzeń sztormowych w wieloleciu 1960-2010 na stacji w Ustce (źródło Przygodzki i in., 2012)

Określenie wpływu zmian klimatu na wzrost poziomu morza opracowano na podstawie wyników realizowanego przez IMGW projektu KLIMAT „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego)”. Opracowanie powstało w ramach zadania 6 Bałtyk, jako element systemu klimatycznego i jego roli w tworzeniu się stanów zagrożenia, podzadanie 6.1: Wpływ zmian klimatycznych na zmiany średniego poziomu morza i występowania jego ekstremalnych wartości w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego i scenariusze zmian. Zespół ekspertów IMGW-PIB, opracował scenariusze zmian poziomu morza dla głównych stacji mareograficznych wzdłuż polskiego wybrzeża w odniesieniu do okresu referencyjnego 1971-1990 dla wybranych scenariuszy emisji gazów cieplarnianych (B1, A1B, A2), dla lat 2011-2030 oraz 2081-2100, z uwzględnieniem wpływu czynnika cyrkulacyjnego oraz spodziewanych zmian globalnego poziomu morza wg IPCC.

W tabeli 7.3. przedstawiono wartości wzrostu maksymalnego poziomu morza [cm] wzdłuż polskiego wybrzeża Bałtyku wywołane zmianami klimatycznymi wg scenariuszy emisyjnych B1, A1B, A2.

Istotnym czynnikiem wpływającym na wyniki symulacji klimatu są założenia w zakresie strategii rozwoju ekonomicznego świata, czyli scenariusze emisji gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń. Do oceny wpływu zmian klimatu jest zalecany zestaw scenariuszy emisji (GHG) opracowanych na zlecenie Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC) opisany w Specjalnym Raplocie o Scenariuszach Emisji (SRES, Nakicenovic i Swart, 2000). Scenariusze SRES są zgrupowane w cztery rodziny (A1, A2, B1 i B2), każdy z nich zakłada różne zmiany kilku podstawowych czynników

wpływających na emisję gazów cieplarnianych, takich jak: wzrost liczby ludności, rozwój technologiczny i ekonomiczny, wiodące polityki i zużycie energii. Scenariusze A1 zakładają raptowny wzrost gospodarczy, osiągnięcie szczytowej liczebności populacji globalnej w połowie XXI w. oraz niezwykle szybkie wprowadzenie nowych i bardziej efektywnych technologii. Scenariusz B1 opisuje świat, w którym wzrost populacji przebiega tak samo, ale zmiany w strukturach ekonomicznych przebiegają szybciej. W scenariuszu B2 zakłada się średni wzrost wielkości populacji i średni wzrost ekonomiczny, z naciskiem na lokalne rozwiązania prowadzące do rozwoju trwałego i zrównoważonego w aspektach ekonomicznym i środowiskowym. Scenariusz A2 przedstawia bardzo niejednorodny świat, z wysokim wzrostem populacji, wolnym wzrostem i rozwojem ekonomicznym i gospodarczym oraz wolnymi zmianami technologicznymi (Jakusik, 2011).

Tab.7.3. Przewidywane wzrosty w cm średniego ($H_{\text{śr}}$) i maksymalnego ($H_{95\%}$) poziomu morza na polskim wybrzeżu w skali roku w okresie 2011-2030, w stosunku do wartości średnich z okresu referencyjnego 1971-1990.

stacja	Scenariusz emisyjny B1		Scenariusz emisyjny A1B		Scenariusz emisyjny A2	
	$H_{\text{śr}}$ [cm]	$H_{95\%}$ [cm]	$H_{\text{śr}}$ [cm]	$H_{95\%}$ [cm]	$H_{\text{śr}}$ [cm]	$H_{95\%}$ [cm]
Świnoujście	4,5	6,3	5,2	7,0	4,3	5,7
Kołobrzeg	4,6	6,3	5,3	7,2	4,3	5,8
Ustka	4,6	5,8	5,4	6,7	4,3	5,3
Łeba	4,6	5,6	5,5	6,6	4,3	5,1
Władysławowo	4,6	5,5	5,5	6,6	4,3	5,2
Hel	4,6	5,7	5,5	6,7	4,3	5,2
Gdynia	4,6	5,6	5,5	6,6	4,3	5,1
Gdańsk	4,6	5,7	5,5	6,7	4,3	5,3
Gdańsk – Ujście Wisły	4,5	5,9	5,6	6,8	4,3	5,0

Największy wzrost średniego poziomu morza (tab. 7.3.) w okresie 2011-2030 w stosunku do wartości z okresu referencyjnego 1971-1990 jest przewidywany w przypadku scenariusza emisyjnego A1B – na wszystkich rozpatrywanych stacjach przekroczy 5 cm. Zmiany średniego poziomu morza osiągną praktycznie jednakową wartość wzdłuż całego wybrzeża Bałtyku.

W przypadku kwantyla 95% poziomu maksymalnego w okresie 2011-2030 w skali roku może wzrosnąć maksymalnie o około 7 cm według scenariusza A1B. Największy wzrost jest przewidywany w zachodniej części wybrzeża.

Tab. 7.4. Przewidywane wzrosty w cm średniego i maksymalnego ($H_{95\%}$) poziomu morza na polskim wybrzeżu w skali roku w okresie 2081-2100, w stosunku do wartości średnich z okresu referencyjnego 1971-1990.

stacja	Scenariusz emisyjny B1		Scenariusz emisyjny A1B		Scenariusz emisyjny A2	
	$H_{\text{śr}}$ [cm]	$H_{95\%}$ [cm]	$H_{\text{śr}}$ [cm]	$H_{95\%}$ [cm]	$H_{\text{śr}}$ [cm]	$H_{95\%}$ [cm]
Świnoujście	20,0	27,7	24,8	34,1	27,5	37,7
Kołobrzeg	20,2	28,2	25,1	24,7	27,9	38,6
Ustka	20,4	25,9	25,2	31,9	28,1	35,5
Łeba	20,5	24,9	25,4	30,7	28,4	34,4
Władysławowo	20,5	24,7	25,4	30,5	28,3	34,1
Hel	20,5	25,3	25,3	31,2	28,3	34,9
Gdynia	20,5	24,9	25,3	30,7	28,3	34,3
Gdańsk	20,5	25,4	25,3	31,4	28,3	35,0
Gdańsk – Ujście Wisły	19,7	25,7	24,6	31,5	27,4	35,2

Scenariusze opracowane dla okresu 2081-2100 wskazują (tab.7.4.), że średni roczny poziom morza bardzo wyraźnie wzrośnie w stosunku do wartości z okresu referencyjnego. Największy wzrost średniego rocznego poziomu morza dla zachodniej części wybrzeża (Świnoujście, Kołobrzeg) jest przewidywany według scenariusza B1, natomiast dla środkowej i wschodniej części według scenariusza A2.

Zmiany kwantyla 95% maksymalnego poziomu morza mogą być bardzo duże w stosunku do okresu referencyjnego 1971-1990. Według scenariusza A2 zmiany te mogą wynieść od ok. 35 cm do ok. 38 w zachodniej części wybrzeża.

W związku z wyraźną intensyfikacją zjawisk sztormowych (tzn. wezbrania pojawiają się coraz częściej i osiągają coraz wyższe wartości podczas kulminacji), uwzględnienie wpływu zmian klimatu na wartość maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie ocenia się jako konieczne. Szczególnie w zakresie szacowania zagrożenia powodziowego oraz projektowania budowli zabezpieczających przed powodzią od wód morskich i wewnętrznych wód morskich.

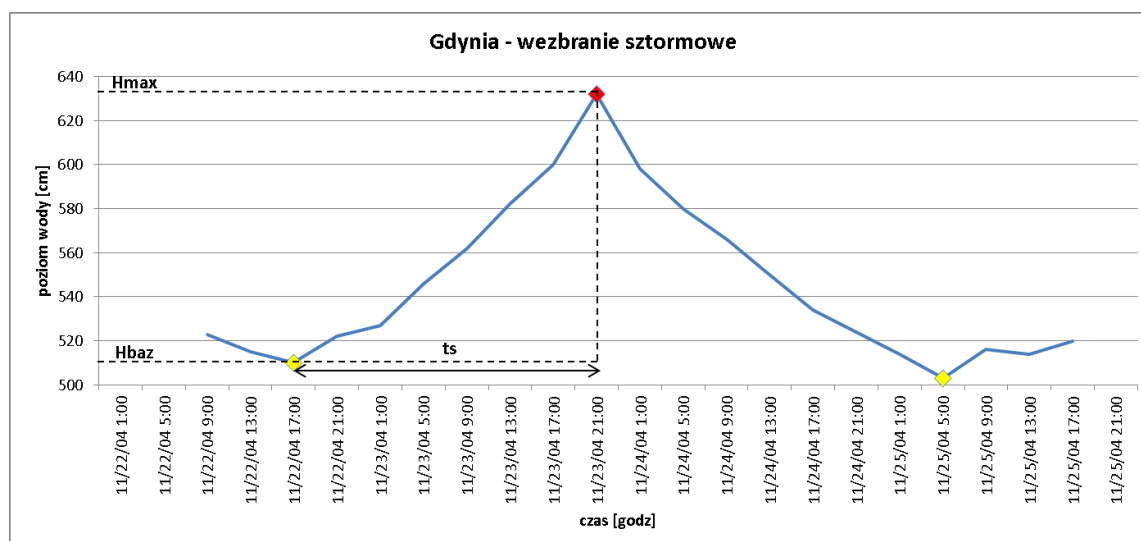
VII.6. Hipotetyczne wezbrania sztormowe dla przyjętych scenariuszy powodziowych ($H_{1\%}$ i $H_{0,2\%}$)

Hipotetyczne wezbrania sztormowe o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% oraz 0,2% należy opracować dla każdej stacji pomiarowej, ponieważ stanowiąc będą bezpośrednie dane

wejściowe do modeli hydraulicznych. Do konstruowania hipotetycznych wezbrań sztormowych sprawdza się metoda Politechniki Warszawskiej, zmodyfikowana do potrzeb poziomów wody (Jednorąg, 2003). W tej metodzie zakłada się dopasowanie hydrogramu teoretycznego do rzeczywistych zarejestrowanych wezbrań.

W celu wyznaczenia kształtu (czasu trwania oraz wartości poziomów wody) należy przeprowadzić analizę 5 największych wezbrań sztormowych zanotowanych w ostatnich 30 latach. Ze zbioru danych o poziomach wody dla danej stacji należy wybrać 5 (lub więcej) największych wezbrań sztormowych. Historyczne wezbrania sztormowe powinny zostać wyselekcjonowane z tego samego okresu, z którego wyznaczono poziom wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia. Dla każdego z wezbrań sztormowych należy określić bazowy poziom wody H_{baz} , od którego rozpoczyna się intensywny wzrost poziomów wody do H_{max} (maksymalnego poziomu wody). Ponowne osiągnięcie wartości poziomu bazowego określane jest jako koniec wezbrania. W sytuacji, kiedy powrót do poziomu bazowego następuje po długim czasie, koniec wezbrania można wyznaczyć w miejscu przecięcia stycznej do krzywej opadania w punkcie największej krzywizny z podstawą wezbrania (Hydroprojekt 1989).

Dla każdego z wyselekcjonowanych wezbrań należy wyznaczyć czas wznoszenia wezbrania t_s , czyli czas od poziomu bazowego do osiągnięcia poziomu maksymalnego wezbrania.



Rys.7.3. Poziomy wody podczas wezbrania sztormowego w Gdyni w dniach 22-25.11.2004

Dla tak przygotowanych fal należy odczytać wartości poziomów wody w punktach odpowiadających czasowi t_i o wartościach:

$$t_i = \frac{ts}{10}, 2 \frac{ts}{10}, 3 \frac{ts}{10}, 4 \frac{ts}{10}, \dots, 9 \frac{ts}{10}, 9.5 \frac{ts}{10}, 10 \frac{ts}{10}, 10.5 \frac{ts}{10}, 11 \frac{ts}{10}, 14 \frac{ts}{10}, 16 \frac{ts}{10}, 18 \frac{ts}{10}, 20 \frac{ts}{10}, 30 \frac{ts}{10}, 35 \frac{ts}{10},$$

$$40 \frac{ts}{10}, 50 \frac{ts}{10} [\text{godz}]$$

Następnie dla odczytanych wartości t_i , dla wszystkich wyselekcjonowanych fal można wyznaczyć wartości średnie S_i :

$$S_i = \frac{\sum_1^n \frac{H_n}{H_{max}}}{n} \quad \text{dla } i = (1, \dots, m)$$

gdzie,

H_{max} - maksymalny poziom wody dla każdego z n -wezbrań sztormowych historycznych, [cm]

H_n - poziom odczytany z hydrogramu poziomów wody dla czasu t_i dla każdego z n -wezbrań historycznych, [cm]

m – ilość punktów na osi czasu,

n - liczba historycznych wezbrań sztormowych

Przy obliczaniu wartości S_i , dla czasu $t_i = t_s$, wartość musi być równa 1.

Aby obliczyć kolejne wartości poziomu wody dla hipotetycznego wezbrania należy pomnożyć kolejne wartości S_i przez wartość maksymalnego poziomu wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia.

Bazowy poziom wody dla hipotetycznego wezbrania sztormowego należy wyznaczyć według wzoru:

$$H_{baz\ p\%} = H_{max\ p\%} \frac{\sum_1^n \frac{H_{max}}{H_{baz}}}{n} [\text{cm}]$$

gdzie,

$H_{max\ p\%}$ - maksymalny poziom wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia, [cm]

H_{max} - maksymalny poziom wody dla każdego z n -wezbrań sztormowych historycznych, [cm]

H_{baz} – bazowy poziom wody dla każdego z n -wezbrań sztormowych historycznych, [cm]

n - liczba historycznych wezbrań sztormowych

Opracowane powyższą metodą hipotetyczne wezbrania sztormowe można również porównać z historycznymi obserwacjami sztormów, które wystąpiły przed analizowanym okres. W ten sposób można oszacować ,jakemu prawdopodobieństwu odpowiadał historyczny sztorm.

VII.7. Średnie przepływy w odcinkach rzek niekontrolowanych uchodzących do morza

Wyznaczenie średnich przepływów w ujściowych odcinkach rzek do morza jest konieczne ponieważ zostaną one uwzględnione w scenariuszach powodziowych od strony morza jako warunek brzegowy dla rzeki. Przepływy charakterystyczne dla cieków niekontrolowanych z uwagi na brak pomiarów przepływów na posterunkach wodowskazowych należy obliczyć metodami empirycznymi:

- wg Iszkowskiego, zmodyfikowanymi przez Byczkowskiego

Przepływ średni roczny:

$$Q_s = 0.03171 * c * P * A_o$$

gdzie:

Q_s – przepływ średni roczny [m^3/s],

c – współczynnik odpływu przeciętny z danym dorzeczem (stosunek odpływu do opadu) [-],

P – opad normalny z wielolecia dla stacji opadowej [m],

A_o – powierzchnia zlewni w przekroju obliczeniowym [km^2].

Wielkość współczynnika c należy wybrać z tabeli 7.5. Wartość współczynnika odpływu przybiera wartości większe im bardziej urozmaiconą jest rzeźba terenu , najmniejszy jest w dorzeczach płaskich i nizinnych. Zakres tabeli (Tab.7.5.) ograniczono ze względu na rzeźbę terenu w obszarach nadmorskich.

Tab. 7.5. Wartość współczynnika c w zależności od rzeźby terenu dorzeczca

Grupa topograficzna		
nr	Rzeźba terenu	c [-]
1	Bagna i niziny	0,20
2	Płaskizny i płaskowzgórza	0,25
3	Płaskizny w połączeniu z pagórkami	0,30
4	Pagórki o łagodnych stokach	0,35
5	Bardziej strome pagórki i przedgórze	0,40

Wartość współczynnika c można również wyliczyć wzorami Kajetanowicza:

$$\alpha_n = 0,063 * W_s^{0,25} * \Psi^{0,1}$$

gdzie:

α_n – współczynnik odpływu dla rzek nizinnych

W_s – średnia wysokość nadmorska zlewni [m n.p.m.], liczona wg wzoru:

$$W_s = 0,5 * (W_z + W_u) \text{ [m n.p.m.]}$$

W_z – wysokość źródeł, [m n.p.m.]

W_u – wysokość ujścia, [m n.p.m.]

Ψ - średnie nachylenie zboczy [%] liczone wg wzoru:

$$\Psi = \frac{W_z - W_u}{\sqrt{A}}$$

A- powierzchnia zlewni, [km²]

- **wg Kollisa**

Przepływ średni roczny:

$$Q_s = 0.03171 * \varphi * H * F$$

gdzie:

Q_s – przepływ średni roczny [m³/s],

φ – współczynnik podający stosunek odpływu do opadu [-],

H – opad normalny z wielolecia dla stacji opadowej [m],

F – powierzchnia zlewni w przekroju obliczeniowym [km²].

$$\varphi = \frac{d}{z * s}$$

gdzie:

d – współczynnik zależny od wysokości opadów i wielkości dorzecza (tab.7.6., tab.7.7.) , [-]

z – współczynnik zależny od wielkości zlewni (tab. 7.8.), $z = f_1(A)$

s – współczynnik zależny od stosunku powierzchni do długości dorzecza (tab.7.9.), $s = f_2(\frac{A}{L})$

Tab. 7.6. Współczynnik d dla rzek, których górny bieg leży w strefie o opadach wyższych od 620 mm

H opady [mm]	Powierzchnia dorzecza [km ²]										
	1	5	10	25	50	100	200	500	1000	2000	5000
640	0,883	0,743	0,670	0,636	0,628	0,615	0,602	0,588	0,578	0,565	0,555
680	0,902	0,775	0,720	0,642	0,636	0,623	0,615	0,602	0,597	0,588	0,578
720	0,908	0,802	0,743	0,676	0,650	0,636	0,628	0,615	0,610	0,602	0,588
760	0,920	0,835	0,775	0,712	0,767	0,650	0,642	0,628	0,623	0,615	0,610
800	0,937	0,753	0,810	0,759	0,712	0,767	0,650	0,642	0,636	0,628	0,623
840	0,948	0,880	0,846	0,810	0,775	0,743	0,692	0,670	0,650	0,642	0,636
880	0,958	0,908	0,880	0,846	0,827	0,802	0,775	0,743	0,712	0,691	0,670
920	0,968	0,937	0,930	0,890	0,880	0,862	0,846	0,820	0,801	0,793	0,767

Tab.7.7. współczynnik d dla rzek, których górny bieg leży w strefie o opadach niższych od 620 mm

H opady [mm]	Powierzchnia dorzecza [km ²]										
	1	5	10	25	50	100	200	500	1000	2000	5000
450	0,825	0,628	0,584	0,532	0,492	0,458	0,422	0,379	0,356	0,327	0,293
500	0,835	0,642	0,610	0,560	0,526	0,487	0,458	0,416	0,387	0,364	0,332
540	0,846	0,670	0,623	0,578	0,547	0,512	0,482	0,447	0,422	0,395	0,361
580	0,864	0,698	0,642	0,597	0,565	0,537	0,508	0,477	0,447	0,422	0,400
620	0,880	0,727	0,655	0,623	0,589	0,565	0,537	0,505	0,458	0,458	0,428

Tab.7.8. Współczynnik z

A	1	3	5	10	15	50	100	200	300	500	700	1000	2000	3000	5000
z	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,12	1,12

Tab.7.9. Współczynnik s

$\frac{A}{L}$	1	2	3	4	6	9	14	20	30	40	60	80	100	200	300	400
s	1,10	1,16	1,20	1,24	1,29	1,35	1,2	1,49	1,57	1,63	1,72	1,78	1,83	2,01	2,12	2,20

Metoda analogii hydrologicznej polega na dobraniu zlewni kontrolowanej podobnej analogicznej) pod względem warunków hydrologicznych do zlewni niekontrolowanej i kolejno przeniesieniu informacji o charakterystykach przepływu SQ zlewni kontrolowanej do niekontrolowanej.

VII.8. Średnie przepływy rzek kontrolowanych w odcinkach uchodzących do morza

Dla rzek kontrolowanych do obliczeń wykorzystane zostaną dane zanotowane na stacji wodowskazowej. W przypadku, kiedy przekrój wodowskazowy pokrywa się z przekrojem obliczeniowym z danych zaobserwowanych w wieloleciu (1951-2016) należy obliczyć SQ, czyli przepływ średni z przepływów średnich rocznych. Jeżeli przekrój obliczeniowy nie pokrywa się z przekrojem wodowskazowym do przeniesienia ciągu obserwacyjnego należy zastosować metodę ekstrapolacji. Metodę tę można zastosować w przypadku, kiedy przekrój obliczeniowy znajduje się powyżej przekroju wodowskazowego i zamyka zlewnię o powierzchni A_o nie mniejszej od połowy powierzchni A_w , zamykającej przekrój wodowskazowy $A_w > A_o \geq 0,5A_w$. Kiedy przekrój obliczeniowy znajduje się poniżej przekroju wodowskazowego, powierzchnia zlewni A_o powinna zawierać się w przedziale $A_w < A_o \leq 1,5 A_w$.

$$Q_o = Q_w * \left(\frac{A_o}{A_w} \right)^n \quad (1)$$

Metodę interpolacji należy zastosować , kiedy przekrój obliczeniowy znajduje się pomiędzy przekrojami wodowskazowymi.

$$Q_o = Q_{w1} + \frac{Q_{w2} - Q_{w1}}{A_{w2} - A_{w1}} (A_o - A_{w1}) \quad (2)$$

gdzie:

Q_o - wartość charakterystyki przepływu w przekroju obliczeniowym,

Q_w - wartość charakterystyki przepływu w przekroju wodowskazowym,

A_o - wielkość powierzchni zlewni zamkniętej przekrojem obliczeniowym,

A_w - wielkość powierzchni zlewni zamkniętej przekrojem wodowskazowym,

n- parametr empiryczny, dla wartości przepływów SQ należy przyjąć $n = 1$

VII.9. Hydrogramy historycznych wezbrań sztormowych do kalibracji i weryfikacji modeli

Na potrzeby kalibracji i weryfikacji modelu hydrodynamicznego niezbędne jest przygotowanie hydrogramów dwóch największych historycznych wezbrań sztormowych dla każdej stacji mareograficznej oraz w ujściowych odcinkach rzek. Dane te powinny pochodzić z okresu ostatnich 15 lat, aby zapewnić właściwy poziom aktualności modelu pod względem zabudowy hydrotechnicznej i zagospodarowania terenu.

VIII. MODELOWANIE HYDRAULICZNE

Modelowanie hydrauliczne zagrożenia powodziowego od strony wód morskich i wewnętrznych wód morskich jest złożonym i trudnym zagadnieniem.

Złożoność polega na konieczności znalezienia optymalnego rozwiązania pomiędzy: precyzją wyznaczania stref zagrożonych powodzią, zasięgiem zagrożenia wezbraniem sztormowym wzdłuż linii brzegowej; czasem obliczeń oraz możliwościami kalibracji i weryfikacji.

Trudność natomiast objawia się w tym, że wykonanie analizy zagrożenia powodziowego dla fragmentu wybrzeża wymaga zbudowania modelu dającego się skalibrować i zweryfikować.

Opierając się na polskim systemie monitoringu poziomów morza należy ocenić, że jest to zagadnienie wymagające zbudowania modelu obejmującego swym zasięgiem co najmniej 3 mareografy (gdzie średnia odległość między skrajnymi mareografami wynosi około 100 km i więcej). Biorąc pod uwagę specyfikę polskiego wybrzeża - jest wielce prawdopodobne, że do celów kalibracji będzie konieczne zbudowanie ogólnego modelu dla akwenu południowego Bałtyku, a być może nawet Morza Bałtyckiego. Przy czym skalibrowany model o mniejszej dokładności przestrzennej tworzyłby warunki początkowe i brzegowe dla docelowego modelu zagrożenia powodziowego. Oznacza to konieczność

opracowania podwójnych modeli, co w konsekwencji wydłuża cały proces tworzenia oraz wpływa na czas obliczeń.

W szczególnych przypadkach możliwe będzie wykonanie kalibracji i weryfikacji modeli w oparciu o jeden mareograf i wodowskaz na rzece w jej ujściowym odcinku, (np. mareograf zlokalizowany w Porcie Północnym w Gdańsku oraz wodowskaz na Martwej Wiśle w Sobieszewie).

Możliwe, że wyżej omówione problemy przyświecały autorom „**Metodyki opracowania map zagrożenia powodziowego**”, opracowanej w oparciu o zapisy Ramowej Dyrektywy Wodnej i Ustawy Prawo Wodne, w której dokonują rozdziału określania zagrożenia powodziowego dla wód morskich na wybrzeżu bez uchodzących rzek oraz brzegów morskich obejmujących ujścia rzek, gdy w rozdziale 8.3. (tamże) poświęconemu modelowaniu powodzi morskich stwierdzają, że: „*W rejonie wybrzeża morskiego wyznaczanie stref zagrożenia powodziowego powinno się opierać na prostym przeniesieniu rzędnych wód o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia na cyfrowy model terenu. Na mapach zagrożenia powodziowego dla pasa nadbrzeżnego, z wyjątkiem ujściowych odcinków rzek, wystarczy przedstawić tylko strefę dla scenariusza $p=0,2\%$ lub dla zjawiska ekstremalnego.*” Autorzy przywołują zrealizowany w latach 1999-2000 Projekt Celowy Nr 9T12C06997C/3636 pt.: „**Strategia ochrony brzegów morskich**”, w którym dokonano oceny zagrożenia i ryzyka powodziowego dla polskiego wybrzeża.

Z powyższego wynika, że w pierwszym cyklu opracowywania map zagrożenia powodziowego, zgodnie z „*Metodyką opracowania map zagrożenia powodziowego*” (Warszawa, 2009) zatwierdzoną przez Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, nie było konieczności tworzenia modeli hydraulicznych do określenia zasięgu zagrożenia powodziowego, powodowanego przez wody morskie dla otwartego wybrzeża. Nie było również konieczności określania zagrożenia powodziowego od wód morskich o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=1\%$. Natomiast alternatywnie można było wybrać zjawiska o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,2\%$ lub zjawiska ekstremalne (określane indywidualnie przez każde z państw członkowskich Unii Europejskiej).

Z kolei dla terenów wokół Zalewu Szczecińskiego, Zalewu Wiślanego oraz obszarach o wysokiej intensywności zainwestowania autorzy wspomnianej metodyki dopuszczali dwa opcjonalne rozwiązania. Pierwsze podobnie do stosowanego dla otwartego wybrzeża, a oparte na technologii geograficznych systemów informacyjnych (GIS):

„*określenie stref zagrożenia powodziowego w oparciu o numeryczny model terenu i obliczone rzędne zwierciadła wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia,*”

oraz drugi wariant z wykorzystaniem dwuwymiarowego matematycznego modelowania hydraulicznego:

„zastosowanie modelu 2D dla określenia położenia powierzchni zwierciadła wody na tych zbiornikach, w tym przypadku, oprócz standardowych wymagań modelu 2D, należy uwzględnić m.in.: pole wiatrowe (deniwelacja zwierciadła wody) oraz dwukierunkową wymianę wód pomiędzy morzem a Zalewem.

Wyboru pomiędzy wymienionymi powyżej rozwiązaniami należy dokonać na podstawie wstępnej oceny ryzyka powodziowego.

W ujściowych odcinkach rzek (uchodzących do morza lub zalewów) wystarczy stosować model 1D. Dolnym warunkiem brzegowym modelu powinna być rzędna zwierciadła wody odpowiadająca stanom wód o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia ($p=10\%$, 1% i 0.2%) dla odbiornika (zalew, morze) (w strefie oddziaływania spiętrzeń odmorskich nie jest możliwe operowanie przepływami o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia).”

Można zatem stwierdzić, że do 22 stycznia 2013 r., (tj. do ukazania się *Rozporządzenia Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego (mapy zagrożenia powodziowego)*) obowiązywała dla większości polskiej linii brzegowej - z wyłączeniem Gdańska, Gdyni i Szczecina - metodyka, na podstawie której mapy zagrożenia powodziowego można było wykonać za pomocą prostej funkcji odcięcia maksymalnego poziomu morza (dla prawdopodobieństwa przewyższenia $p=0,2\%$) od numerycznego modelu terenu. Nie wymagano budowy modeli hydraulicznych. Nie oznacza to, że mapy zagrożenia powodziowego - opracowane w pierwszym cyklu planistycznym – nie powstały w oparciu o modelowanie matematyczne. Wręcz przeciwnie, wykonawca tych map dołożył wszelkich starań, aby mapy zagrożenia powodziowego zostały opracowane na bazie wyników dwuwymiarowych modeli matematycznych w ruchu nieustalonym.

Wyżej wymienione rozporządzenie doprecyzowało zasady wyznaczania obszarów zagrożenia powodziowego w: *„§5.1. Obszar zagrożenia powodziowego wyznacza się na podstawie rzędnych zwierciadła wody, uzyskanych w wyniku matematycznego modelowania hydraulicznego, z wykorzystaniem systemów informacji geograficznej (GIS), bazując na numerycznym modelu terenu (NMT).”*

Autorzy niniejszej metodyki wskazują jako zalecane do zastosowania dwuwymiarowe lub hybrydowe matematyczne modelowanie hydrauliczne w ruchu nieustalonym, w celu określenia zagrożenia powodziowego od strony wód morskich lub wewnętrznych wód morskich. Przyjęcie

takiego sposobu realizacji cechuje się najwyższym stopniem sprawdzalności i poprawności przyjętych założeń w porównaniu do użycia rozwiązań z wykorzystaniem wyłącznie geograficznych systemów informacyjnych lub wykorzystania modeli wyłącznie w ruchu ustalonym.

W związku z powyższym warto nadmienić, że mapy zagrożenia powodziowego od strony wód morskich oraz wewnętrznych wód morskich wykonane w pierwszym cyklu planistycznym, opracowano w oparciu o wyniki obliczeń matematycznych modeli hydrodynamicznych w ruchu nieustalonym. Opracowane wówczas modele są dostępne w Krajowym Zarządzie Gospodarki Wodnej, Regionalnych Zarządach Gospodarki Wodnej oraz Urzędach Morskich i stanowią doskonałą bazę wyjściową do weryfikacji, aktualizacji lub tworzenia nowych map w drugim cyklu tworzenia map zagrożenia powodziowego.

VIII.1. Zasady budowy lub modyfikacji (aktualizacji) modeli hydraulicznych oraz sposób przeprowadzania modelowania.

Zasady budowy a tym samym modyfikacji (aktualizacji) modeli hydraulicznych oraz sposób przeprowadzenia modelowania szczegółowo omawia „**Metodyka opracowania map zagrożenia powodziowego**” od rozdziału 6.2. Niestety autorzy skoncentrowali się głównie na przykładach modeli rzecznych i nie podali w metodyce przykładu sposobu budowy modelu dla obszaru nadmorskiego.

W szczególności dotyczy to podejścia do opracowania warunków brzegowych w rozróżnieniu na wyodrębnione akweny. Nie poruszona została kwestia kalibracji i weryfikacji modeli morskich.

Z tego względu w niniejszej metodyce skoncentrowano się na etapach budowy modeli hydraulicznych służących do symulacji powodzi od wód morskich i wewnętrznych wód morskich.

VIII.1.1. Zasady budowy modeli lub modyfikacji (aktualizacji) modeli hydraulicznych

Główne zasady budowy a tym samym aktualizacji istniejących matematycznych modeli hydraulicznych wynikają bezpośrednio z wymogów stawianych przez *Rozporządzenie Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego*. Określono w nim następujące elementy, które należy wykorzystać do określania map zagrożenia powodziowego od strony wód morskich i wewnętrznych wód morskich. Elementy te pozwalają zdecydować o wyborze rodzaju modelu do

realizacji zadań oraz o parametrach, które należy zapisywać w wynikach modeli. Rozporządzenie stwierdza, że:

- *Nie wykonuje się mapy zagrożenia powodziowego wraz z prędkościami przepływu wody i kierunkami przepływu wody dla powodzi od strony morza i morskich wód wewnętrznych (§2 ust.4).*

Zapis ten pozwala określić zakres danych wyjściowych z modelowania hydraulicznego koniecznych do opracowania zasięgu i głębokości zagrożenia powodziowego.

- *§6.1. Matematyczne modelowanie hydrauliczne wykonuje się za pomocą modeli:*
 - *jednowymiarowego modelu przepływu (1D), w którym wektor prędkości ma jedną niezerową składową;*
 - *dwuwymiarowego modelu przepływu (2D), w którym wektor prędkości ma dwie niezerowe składowe.*

2. Modelowanie dwuwymiarowe wykonuje się dla miast wojewódzkich i miast na prawach powiatu oraz innych miast o liczbie mieszkańców przekraczającej 100 000 osób.

3. Dla terenów innych niż wymienione w ust. 2 wykonuje się modelowanie jednowymiarowe.

4. Nie wyklucza się opracowania modeli dwuwymiarowych dla terenów innych niż wymienione w ust. 2.

5. Dla terenów wskazanych do modelowania dwuwymiarowego można wykonać modele hybrydowe (1D/2D), składające się z jednowymiarowego modelu dla koryt cieków oraz modelu dwuwymiarowego dla obszarów zalewowych od cieków naturalnych i kanałów oraz od strony morza i morskich wód wewnętrznych.

Z oczywistych względów, na podstawie przytoczonych zapisów, nie można wykorzystać modeli jednowymiarowych do określenia zagrożenia powodziowego od strony wód morskich i wewnętrznych wód morskich. Pozostają zatem do dyspozycji jedynie dwa rozwiązania: zastosowanie modeli dwuwymiarowych lub modeli hybrydowych. Przy czym zapis z paragrafu drugiego pozwala na ograniczenie wielkości plików wynikowych poprzez ich ograniczenie do parametru głębokości wody lub numerycznego modelu powierzchni wody.

Ze względu na specyfikę modelowania zagrożeń powodziowych generowanych przez wezbrania sztormowe, na obszarach zagrożonych od strony morza wskazane jest wykorzystanie modeli dwuwymiarowych lub hybrydowych.

Poniżej przedstawiono zasady budowy lub aktualizacji matematycznych modeli, wykorzystywanych do określania zagrożenia powodziowego od strony wód morskich lub wewnętrznych wód morskich.

VIII.1.1.A. Zasady budowy modeli hydraulicznych

VIII.1.1.A.1. Analiza obszaru

Analizę obszaru zagrożonego powodzią od strony wód morskich lub wewnętrznych wód morskich należy wykonać na podstawie: numerycznego modelu terenu, sieci hydrograficznej, dostępnych historycznych danych obserwacyjnych, historycznych zasięgów powodzi oraz wyliczonych hipotetycznych poziomów wezbrań sztormowych.

Wstępna analiza rozpatrywanego obszaru pozwoli na dokonanie wyboru rodzaju modelowania oraz wielkości obszaru modelowania. Analizę należy wykonać ze szczególną starannością, gdyż podjęte decyzje będą miały bezpośrednie przełożenie na czas wykonania modeli oraz czas obliczeń.

VIII.1.1.A.2. Wybór podejścia do określenia zasięgu powodzi

Po wykonaniu analizy dostępnych materiałów należy podjąć decyzję, czy do sporządzenia zasięgu powodzi wystarczy użyć model dwuwymiarowy, czy model hybrydowy. Wstępna analiza pozwoli także na podjęcie decyzji, czy konieczne jest opracowanie modeli zagnieżdżonych.

Obszary zagrożone powodzią od strony morza różnią się tym od terenów zagrożonych od wód śródlądowych, że ich przebieg na lądzie jest trudny do przewidzenia i zależy od ukształtowania terenu. Przypomina w swym charakterze propagację fali powodziowej po wystąpieniu wód z głównego koryta rzeki, przelaniu się przez wał przeciwpowodziowy lub jego przerwaniu. Próba schematyzacji przebiegu takiego zjawiska za pomocą modelu jednowymiarowego jest właściwie skazana na niepowodzenie i jest niezwykle czasochłonna. W takim przypadku najlepszym rozwiązaniem jest wybór modelu dwuwymiarowego lub hybrydowego. Dobór zależy od specyficznych warunków hydromorfologicznych badanego obszaru zagrożonego powodzią.

Bazując na wskazaniach Raportu z wykonania MZP i MRP (z I cyklu planistycznego), modelowanie dwuwymiarowe lub hybrydowe należy wykonać:

- dla miast wojewódzkich, miast na prawach powiatu oraz innych miast o liczbie mieszkańców przekraczającej 100 000 osób (zgodnie z Rozporządzeniem);

- dla scenariuszy zniszczenia lub uszkodzenia wałów przeciwpowodziowych lub budowli ochronnych pasa technicznego;
- na obszarach zagrożonych od strony morza, obszarach depresyjnych, takich jak: Żuławy Wiślane, Zalew Wiślany, rejon jezior przymorskich oraz okolice Zalewu Szczecińskiego;
- dla cieśnin i ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem morza lub morskich wód wewnętrznych.

VIII.1.1.A.3. Obszar modelu

Model należy zbudować w taki sposób, aby poprawnie odzwierciedlał hydrodynamikę całego obszaru. Ze względu na wieloprzestrzenny charakter morskiego warunku brzegowego model należy sporządzić w wersji dwuwymiarowej, lub hybrydowej, tj. połączenia wersji dwuwymiarowej z wersją jednowymiarową.

Opracowując zasięg modelu należy znaleźć optymalne rozwiązanie dla rozmiaru modelu. Docelowo wielkość modelu zawsze będzie większa od obszaru, który jest badany pod kątem zagrożenia powodziowego.

Przyjęcie zbyt małego obszaru spowoduje, że zagrożenie powodziowe oprze się o granice modelu i zafałszuje wyniki. Należy szczególną uwagę przyłożyć do kontroli wyników modelowania, jeśli NMPW styka się z granicą obszaru modelowania poza granicami otwartych warunków brzegowych. Konieczne będzie zwiększenie obszaru modelowania, co implikuje stratę czasu na budowanie nowego modelu.

Zbudowanie modelu znacznie wykraczającego poza zasięg zagrożenia wpłynie na wydłużenie czasu obliczeń.

Z obszarem modelu dwuwymiarowego łączą się następujące warstwy:

- a. współczynniki szorstkości,
- b. początkowy układ zwierciadła wody (warunek początkowy)
- c. kierunek i prędkość wiatru lub opcjonalnie pole ciśnienia atmosferycznego (warunki brzegowe konieczne do kalibracji i weryfikacji). Oprogramowanie, które nie uwzględnia oddziaływania wiatru na powierzchnię wody nie może być stosowane do określania zasięgu zagrożenia powodziowego od wód morskich, wewnętrznych wód morskich, ani jezior.

VIII.1.1.A.4. Części wspólne modeli sąsiadujących

Modele sąsiadujące powinny zawierać część wspólną, odpowiednio dużą, aby wyniki w części wspólnej tych modeli były porównywalne i pozwalały uznać je za jednakowe. Warunek ten muszą spełnić również modele wykorzystywane do wyznaczania zasięgu zagrożenia powodziowego od strony wód morskich z modelami wykorzystywanymi do określania zagrożenia od wód śródlądowych. Ze względu na różnice w harmonogramie prac tworzenia map zagrożenia powodziowego przez Ministra odpowiedzialnego za wody morskie i Ministra odpowiedzialnego za wody śródlądowe, to wykonawcy map zagrożenia powodziowego od strony wód morskich powinni przekazać informacje o sposobie podejścia do warunków modelowania na wspólnych odcinkach wód śródlądowych.

VIII.1.1.A.5. Wielkość elementu siatki obliczeniowej

Docelowy model służący do określania zasięgu zagrożenia powodziowego może być wykonany w oparciu o dowolną siatkę obliczeń pod warunkiem zapewnienia odpowiedniej jakości i precyzji wyników obliczeń. Musi zapewniać precyzję głębokości z dokładnością do +/- 10 cm (odpowiadający warunkom narzuconym dla kalibracji) względem numerycznego modelu terenu uśrednionego do pola powierzchni nie większego niż 200 m². Oznacza to, że maksymalny rozmiar siatki obliczeniowej wykorzystywanej w modelu do określania zasięgu zagrożenia powodziowego nie może przekroczyć 200 m².

Wyjątkiem jest przypadek stosowania modeli zagnieżdżonych. Wówczas wielkość elementu siatki obliczeniowej modelu o większym obszarze może być większa niż 200 m². Wyniki tego modelu nie są brane bezpośrednio do określania zasięgu zagrożenia powodziowego. Model taki służy jedynie do transferu warunków brzegowych do modelu o większej precyzji.

Określając docelowy rozmiar elementów siatki obliczeniowej należy pamiętać o efekcie uśredniania rzędnych numerycznego modelu terenu. Zwykle wykorzystywany model numeryczny terenu posiada rozdzielczość 1 punktu na 1 metr kwadratowy. Dostępne są również modele terenu o rozdzielczości 4 (i więcej) punktów na 1 m². Wykorzystanie danych wejściowych o takiej rozdzielczości możliwe jest obecnie w bardzo ograniczonym obszarowo zakresie. Możliwość wykorzystania danych źródłowych jest warunkowana możliwościami obliczeniowymi dostępnego sprzętu komputerowego oraz oprogramowania. Na podstawie przeprowadzonych analiz (Bakuła K., 2014) wskazano możliwości i sposoby wykorzystywania algorytmów redukcji zbiorów wejściowych zawierających dane NMT, w celu ich przystosowania na potrzeby modelu hydraulicznego o rozdzielczości mniejszej niż NMT.

VIII.1.1.A.6. Identyfikacja obiektów o istotnym znaczeniu dla zasięgu zagrożenia powodziowego

Generalizacja numerycznego modelu terenu wpływa na jakość informacji o obiektach mających istotne znaczenie dla zasięgu zagrożenia powodziowego.

Obiekty chroniące przed powodzią

Jednym z najważniejszych etapów przygotowania matematycznego modelu hydraulicznego jest wyodrębnienie wszelkich obiektów (naturalnych lub technicznych) chroniących obszary zagrożone powodzią. Obiekty takie należy wyodrębnić w numerycznym modelu terenu, numerycznym modelu pokrycia terenu lub ze źródłowych plików w formacie LAS, a następnie wprowadzić je do siatki obliczeniowej matematycznego modelu.

Obiekty wpływające na transfer zagrożenia

Identyfikacja obiektów o istotnym znaczeniu dla zasięgu zagrożenia powodziowego dotyczy także obiektów, które pozwalają na swobodny przepływ wód powodziowych w terenie. Takimi obiektami będą wszelkie przepusty pod nasypami, drogami, wiadukty itp. Nie wszystkie obiekty, wpływające na transfer zagrożenia powodziowego, są dostępne w trakcie budowy modelu w postaci gotowych danych. Dopiero wnikliwa analiza numerycznego modelu terenu pozwala na zidentyfikowanie mniejszych obiektów melioracyjnych, lub drogowych, które mają wpływ na rzeczywisty zasięg zagrożenia powodziowego.

Weryfikacja poprawności identyfikacji obiektów o istotnym znaczeniu dla zasięgu powodzi

Po wykonaniu pierwszych obliczeń należy ze szczególną starannością sprawdzić, czy wewnątrz uzyskanego maksymalnego numerycznego modelu powierzchni wody (NMPW) nie występują obiekty mogące ograniczyć zasięg powodzi.

Weryfikację przeprowadza się poprzez odjęcie $NMPW_{max}$ od numerycznego modelu terenu (NMT) oraz - w kolejnym kroku - od numerycznego modelu powierzchni terenu (NMPT) w maksymalnej dostępnej rozdzielczości.

Ponadto należy sprawdzić, czy na granicy wynikowego zasięgu zagrożenia powodziowego - – NMPW (określonego dzięki obliczeniom modelowym) nie występują miejsca lub obiekty mogące służyć rozprzestrzenianiu się zagrożenia powodziowego.

VIII.1.1.A.7. Model jednowymiarowy w modelu hybrydowym

a. Połączenie modelu dwuwymiarowego z jednowymiarowym.

Model dwuwymiarowy należy połączyć z modelem jednowymiarowym, gdy rozdzielczość modelu dwuwymiarowego nie pozwala na precyzyjne oddanie charakterystyki dna cieku, lub gdy odcinek rzeki uchodzącej do wód morskich wymagałby powiększenia obszaru modelu dwuwymiarowego w taki sposób, że znacznie wpłynęłoby to na czas obliczeń. Model jednowymiarowy należy połączyć z modelem dwuwymiarowym za pomocą połączenia czołowego, równoległego lub kombinacją obu typów.

b. Warunki brzegowe w modelu jednowymiarowym.

Warunki brzegowe w modelu jednowymiarowym w postaci przepływów zmiennych lub stałych w czasie – $Q(t)$ muszą znajdować się w takiej odległości od połączenia z modelem dwuwymiarowym, aby zapewniały brak wpływu efektu zjawiska cofki na zadany przepływ. Kontrolę poprawności przyjętego zasięgu należy przeprowadzić w odległości co najmniej 1 km poniżej warunku brzegowego zadanego w modelu jednowymiarowym. Warunek poprawności będzie spełniony, gdy w punkcie kontrolnym przepływ nie będzie ulegał zmniejszeniu w stosunku do zadanego warunku brzegowego (odpowiednio przesuniętego w czasie dla przepływów w ruchu nieustalonym).

c. Transfer ryzyka powodzi w głąb lądu poprzez ujście rzeki do wód morskich

Model hybrydowy można wykorzystać przypadku zidentyfikowania obszarów nadmorskich w głębi lądu, na których występuje transfer zagrożenia powodziowego od strony wód morskich lub wewnętrznych wód morskich poprzez ujście rzeki. W tym rozwiązaniu odcinek ujściowy rzeki można wykonać w modelu jednowymiarowym i połączyć go z obszarem zalewowym położonym w głębi lądu – wykonanym w modelu dwuwymiarowym.

VIII.1.1.A.8. Kalibracja modelu

Model musi być koniecznie skalibrowany na historycznym wezbraniu sztormowym. Częstym problemem do rozwiązania w przypadku polskiego wybrzeża będzie wykonanie kalibracji modelu dla wybranego obszaru zagrożonego powodzią. Zbudowanie jednego modelu (o jakości stosowanej do określania zagrożenia powodziowego – wykorzystywane siatki kwadratowe o boku od 3m do 12m), który da się skalibrować może być niemożliwe ze

względu na wspomnianą wcześniej rozpiętość (odległości ok. 100 km i więcej) stacji sieci monitoringu poziomów morza.

Wymiary modelu opartego na siatce ortogonalnej wpływają bezpośrednio na czas obliczeń, który odgrywa podstawową rolę w możliwości terminowego wykonania map zagrożenia powodziowego.

Jeżeli zastosowane oprogramowanie nie pozwala na zbudowanie jednego modelu o docelowej jakości, to najczęstszym rozwiązaniem będzie konieczność zbudowania modelu o dużej siatce obliczeniowej rzędu 50m x 50m (i więcej) lub wykorzystanie modelu o siatce nieregularnej (np. trójkątnej lub innej wielokątnej). Zastosowanie modelu kalibracyjnego o dużej siatce będzie wymagało równoległego zbudowania modelu o mniejszej siatce obliczeniowej i konieczności transferu warunków brzegowych pomiędzy modelami.

Kalibracja modelu musi być wykonana w oparciu o warunki brzegowe w postaci zmiennych w czasie: poziomów morza, prędkości i kierunku wiatru (alternatywnie pola ciśnień).

VIII.1.1.A.9. Weryfikacja modelu

Należy przeprowadzić weryfikację modelu na innym wezbraniu sztormowym niż wykorzystane do kalibracji. Działanie to jest niezbędne dla potwierdzenia poprawności wykonanej kalibracji.

Dotychczasowe doświadczenie pozwala stwierdzić, że w przypadku modeli morskich prawdopodobieństwo przeprowadzenia pozytywnej weryfikacji modelu jest niemal stuprocentowe.

VIII.1.1.A.10. Wdrożenie modelu

Pozytywne wyniki przeprowadzonej kalibracji i weryfikacji kwalifikują model do wdrożenia do prac nad określaniem zasięgu zagrożenia powodziowego.

VIII.1.1.B. Zasady aktualizacji (modyfikacji) istniejących modeli hydraulicznych

Zasady aktualizacji czy modyfikacji istniejących modeli hydraulicznych są tożsame z zasadami budowy matematycznych modeli hydraulicznych. Ponadto:

- Nie wolno zakładać, że istniejący model został wykonany idealnie.
- - Należy sprawdzić kolejno wszystkie wymienione powyżej zasady budowy modeli hydraulicznych.

- - Aktualizację i modyfikację należy przeprowadzić ze starannością odpowiadającą budowaniu nowego modelu.

VIII.1.2. Sposób przeprowadzania modelowania

Modelowanie rozpoczyna się w momencie zakończenia prac nad budową modelu.

Modelowanie można podzielić na:

- **Etap wstępny**, w którym pojawiają się wszelkie możliwe błędy, łącznie z błędami krytycznymi, prowadzącymi do nagłego przerwania obliczeń. W tym etapie należy usunąć wszelkie błędy. W szczególności należy zadbać o usunięcie wszelkich błędów obliczeń numerycznych. W tym etapie można również przeprowadzić optymalizację w zakresie dobrania modelu, tj. modelu 2D opartego na siatce ortogonalnej; modelu 2D opartego na siatce nieregularnej lub modelu hybrydowego z ustaleniem miejsc połączeń pomiędzy modelem 1D z modelem 2D.
- **Kalibracja i weryfikacja modeli**, etap ten pozwala na dobranie optymalnych parametrów modelu (kroku czasowego, współczynników szorstkości, częstotliwości zapisywania danych)
- **Modelowanie scenariuszy powodziowych**. Przeprowadzenie obliczeń służących do określenia zasięgów stref zagrożenia powodziowego dla wybranych scenariuszy. W tym etapie pojawi się konieczność modyfikacji modelu terenu, związana z modelowaniem scenariusza uszkodzenia obiektu ochrony przeciwszstormowej.

VIII.2. Typ modelowania, sposób ustalania warunków brzegowych i początkowych.

Zasadniczo wyróżniamy dwa typy modelowania matematycznego zjawisk hydraulicznych. Pierwszym rodzajem jest modelowanie w ruchu ustalonym, w którym przyjmujemy stałe wartości przepływów lub poziomów. Ten rodzaj modelowania możemy zastosować w sytuacjach, kiedy objętość wody fali powodziowej będzie się utrzymywała na wysokim poziomie przez odpowiednio długi czas i doprowadzi do zalania obszarów nadmorskich, doliny rzecznej lub rzecznych teras zalewowych do określonego maksymalnego poziomu. Ten rodzaj modelowania można wykorzystać w przypadku obwałowanego koryta rzeki uchodzącej do morza, o ile wysokość wałów nie pozwoli na ich przelanie (np. ujście Wisły do Zatoki Gdańskiej). Celem będzie ustalenie zasięgu cofki - układu zwierciadła wody na obwałowanym odcinku rzeki, znajdującego się pod wpływem piętrzenia od strony wezbrania sztormowego o określonym prawdopodobieństwie.

Drugim typem modelowania jest ruch nieustalony, który w swoim charakterze jest zbliżony do rzeczywistego przebiegu fali powodziowej lub wezbrania sztormowego w funkcji czasu. W tym przypadku mamy do czynienia z sytuacją, gdy retencja zalewanego obszaru ma stosunkowo większą objętość od ilości wody niesionej przez powódź. W takim przypadku, teren będzie zalewany stopniowo, a maksymalne głębokości wody wraz z odległością od źródła zagrożenia będą coraz mniejsze. Ten typ modelowania należy wykorzystać wszędzie tam, gdzie wystąpi przelanie przez budowle ochronne, lub naturalne formy terenu, powodując zagrożenie na rozległych terenach (np. rzeka Wisła Królewiecka). W tym przypadku określenie prawdopodobnego obszaru zagrożenia jest uzależnione od wydatku $Q(H(t))$, tj. ilości wody dostarczanej na teren zalewowy, zależnego od wysokości wezbrania sztormowego zmiennego w czasie.

Z tego względu ważnym aspektem, w przypadku modelowania powodzi generowanych przez wody morskie lub wewnętrzne wody morskie, jest zastosowanie obliczeń w ruchu nieustalonym, z wykorzystaniem obliczonych statystycznie wezbrań hipotetycznych.

Dodatkowym elementem przemawiającym za wykorzystaniem modeli dwuwymiarowych w ruchu nieustalonym jest konieczność kalibracji modeli morski, w których główną siłą wymuszającą jest prędkość i kierunek wiatru.

Warunki brzegowe i początkowe

Sposób ustalania warunków początkowych i brzegowych jest uzależniony od etapu prowadzonych prac z modelem hydraulicznym. W okresie budowania modelu i wstępnych obliczeń, warunki początkowe mogą być przyjęte w taki sposób, że dla wszystkich cieków i wód morskich (lub wewnętrznych wód morskich) zostanie ustalony poziom 0 m n.p.m. Natomiast przepływy na ciekach można ustalić na wartości, które będą odpowiadały przepływowi dla początku okresu kalibracji. W ten sposób po przeprowadzeniu odpowiednio długich obliczeń osiągniemy ustalony stan w modelu, który posłuży do rozpoczęcia obliczeń w ramach kalibracji. Czas tych wstępnych obliczeń jest zależny od ustabilizowania się poziomów i przepływów w ciekach oraz rozpatrywanym akwenu wód morskich. Podobny sposób postępowania należy przeprowadzić dla przygotowania modelu do obliczeń związanych z weryfikacją modelu. W praktyce określa się taką czynność jako gorący start (ang. hot start). Pozwala to na uniknięcie nagłych niestabilności w procesie obliczeń modelu, prowadzących na przerwanie obliczeń.

Po przygotowaniu modelu do obliczeń kalibracyjnych można uruchomić model z warunkami brzegowymi zidentyfikowanymi dla wezbrania sztormowego na wybranych do tego celu mareografach. Na rzekach wprowadzamy warunek brzegowy w postaci przepływu zarejestrowanego (przeliczonego wg krzywej natężenia przepływów) dla wybranego wodowskazu (z ewentualną

korektą przepływu w zależności od odległości od wodowskazu). W ten sam sposób postępujemy w przypadku weryfikacji modelu.

Po uzyskaniu zadowalających wyników kalibracji i weryfikacji należy model doprowadzić do sytuacji ustalonej dla początku obliczeń odpowiadającej scenariuszowi zagrożenia powodziowego o największym prawdopodobieństwie wystąpienia zagrożenia powodziowego. Jako warunek brzegowy należy wprowadzić dane o zmiennym w czasie poziomie wód na morskim warunku brzegowym oraz stałe wartości przepływów SSQ dla cieków uwzględnionych w modelu.

W ten sam sposób powtarzamy obliczenia dla pozostałych scenariuszy zagrożenia powodziowego.

Ponieważ warunek początkowy wyznaczany dla wezbrań hipotetycznych o różnym prawdopodobieństwie wystąpienia ustalany jest na różnym poziomie, to dla każdego scenariusza należy przygotować model do obliczeń w określonych warunkach początkowych.

VIII.3. Zapewnienie zgodności z modelami opracowywanymi dla poszczególnych odcinków rzek przez Prezesa KZGW, w szczególności na obszarach zagrożonych powodzią zarówno od strony rzek jak i wód morskich oraz wewnętrznych wód morskich.

Modelowanie hydrauliczne zagrożeń powodziowych od strony morza musi być zgodne z podejściem dla poszczególnych ujściowych odcinków rzek, przyjętym przez Prezesa KZGW, w szczególności na obszarach zagrożonych powodzią zarówno od strony rzek jak i wód morskich.

W celu zwiększenia dokładności wyznaczonych stref zagrożenia powodziowego należy również rozważyć przejście z modeli dwuwymiarowych (2D) na modele hybrydowe (1D/2D) w ujściowych odcinkach rzek przybrzeżnych dla modeli wykonanych w I cyklu planistycznym. Takie podejście stwarza możliwości dokładniejszego odzwierciedlenia warunków wystąpienia cofki na rzece uchodzącej do morza w jego strefie korytovej. W przypadku modelowania obszarów zagrożonych zarówno od strony morza jak i od strony rzeki, istnieje potrzeba zastosowania jednakowych modeli lub modeli o identycznych parametrach. Takie podejście gwarantuje zachowanie zgodności wyników obliczeń modelowych.

Mając powyższe na uwadze wymagane jest, aby przed przystąpieniem do modelowania dokonano uzgodnień w zakresie budowy modeli matematycznych i przyjmowanych warunków początkowych i brzegowych pomiędzy administracją odpowiedzialną za opracowanie map zagrożenia powodziowego od wód śródlądowych oraz administracją morską - odpowiedzialną za wyznaczanie

map zagrożenia powodziowego od strony wód morskich i wewnętrznych wód morskich – w ujściowych odcinkach rzek.

Ze względu na rozwiązania zastosowane podczas realizacji pierwszego cyklu planistycznego i uzyskanie zgodności z nim podczas realizacji drugiego cyklu planistycznego, należy możliwie maksymalnie wykorzystać materiały i modele, które powstały w oparciu o oprogramowanie MIKE firmy DHI.

W praktyce uzgodnienia będą obejmowały ustalanie wspólnych warunków początkowych i brzegowych, które pozwolą na uzyskanie porównywalnych wyników obliczeń. Do podstawowych ustaleń należą:

- a) Stosowanie jednakowego podejścia w zakresie rodzaju modelu (2D lub hybrydowego).
- b) Alternatywne stosowanie warunków brzegowych w ruchu nieustalonym o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia wyłącznie dla jednego źródła zagrożenia (od wód morskich, wewnętrznych wód morskich, lub wód śródlądowych) przy zachowaniu pozostałych warunków brzegowych na ich średnim poziomie z określonego wielolecia. Zastosowanie jednoczesnego wystąpienia warunków brzegowych - o określonym poziomie prawdopodobieństwa pojawienia się dla różnych źródeł - spowodowałoby obniżenie łącznego prawdopodobieństwa. W ten sposób wyniki obliczeń nie byłyby zgodne z zakładanym prawdopodobieństwem.

Przykładem zastosowania tej reguły będzie wykonanie obliczeń dla zagrożenia powodziowego od strony wód morskich, do których uchodzi rzeka. Warunek brzegowy dla wód morskich będzie zawarty w zmiennym w czasie przebiegu fali hipotetycznej o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia (np. $p=0,2\%$). Warunek brzegowy dla rzeki będzie ustalony na poziomie SSQ (z określonego wielolecia) dla całego okresu obliczeń danego scenariusza zagrożenia powodziowego.

Natomiast zastosowanie tej reguły dla zagrożenia powodziowego od wód śródlądowych uchodzących do morza lub wewnętrznych wód morskich będzie następujące:

- warunek brzegowy dla rzeki będzie opisany zmiennym w czasie przepływem wyliczonym dla fali hipotetycznej o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia (np. $p=0,2\%$);
 - warunek brzegowy dla wód morskich będzie ustalony na średnim poziomie morza z określonego wielolecia.
- c) Opracowanie map wynikowych na wspólnych obszarach zagrożenia nastąpi poprzez nałożenie numerycznym modeli powierzchni wody z obu źródeł zagrożenia i przyjęcia maksymalnego zasięgu na obszarach wspólnych jako wynikowego.

VIII.4. Etapy budowy modeli

W ramach niniejszej weryfikacji i aktualizacji metodyki opracowania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego od strony morza należy stwierdzić, że od czasu powstania „Metodyki opracowania map zagrożenia powodziowego” (KZGW, 2009) nie nastąpiły żadne znaczące zmiany mogące wpłynąć na proces budowy jednowymiarowych lub dwuwymiarowych matematycznych modeli hydraulicznych.

Jedyną zmianą, która w tym czasie nastąpiła było zwiększenie liczby dostępnego oprogramowania, które jest w stanie sprostać stawianym wymaganiom.

W niniejszej metodyce skoncentrowano się na etapach budowy modeli służących do określania zagrożenia powodziowego od wód morskich i wewnętrznych wód morskich.

VIII.4.1. Schematyzacja obszarów morskich:

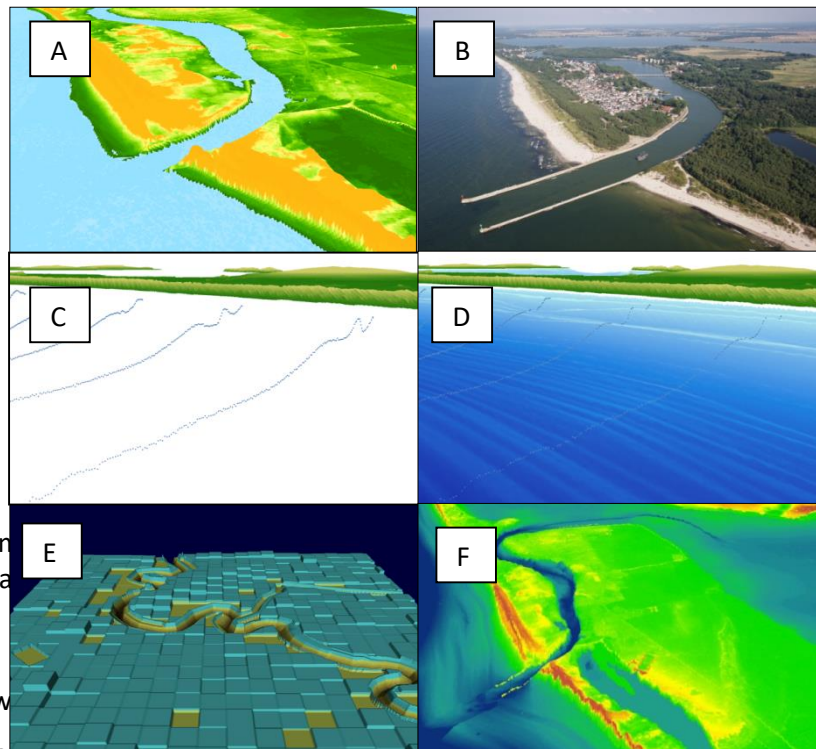
- Identyfikacja i lokalizacja posterunków wodowskazowych dla modelowanego obszaru, wybór i lokalizacja znaczących dopływów kontrolowanych i niekontrolowanych.
- Wyznaczenie obszaru obliczeniowego, w oparciu o wstępną ocenę ryzyka powodziowego numeryczny model terenu, maksymalny poziom zagrożenia powodziowego określony dla najmniej prawdopodobnego scenariusza powodziowego.
- Wybór siatki obliczeniowej: ortogonalnej lub nieregularnej.
- Wybór docelowego systemu modelowania pomiędzy modelem 2D lub modelem hybrydowym.
- Schematyzacja cieków śródlądowych w modelu 2D lub modelu jednowymiarowym (w modelu hybrydowym).

VIII.4.2. Opracowanie pomiarów batymetrycznych,

Opracowanie pomiarów batymetrycznych jest najistotniejszym elementem przygotowania modelu terenu na potrzeby modelowania hydraulicznego. Składa się ono z kilku etapów i jest uzależnione od źródeł dostępnych informacji. Niezbędny zakres informacji potrzebnych do przygotowania kompletnego modelu terenu obejmuje:

- numeryczny model terenu w rozdzielczości co najmniej 1 punkt na 1 m²,
- numeryczny model pokrycia terenu w rozdzielczości co najmniej 4 punktów na 1 m²,
- sklasyfikowane pliki LAS pochodzące z lotniczego skaningu laserowego w rozdzielczości co najmniej 4 punktów na 1 m²,

- ortofotomapa,
- profile dobrzegowe,
- dane zawierające pomiary dna wykonane echosondą,
- przekroje rzek uchodzących do morza,
- dane o budowlach hydrotechnicznych.



Rys. 8.4.1. Schemat przygotowania modelu zagrożenia powodziowego od strony wód morskich i wewnętrznych wód morskich.

Etapy przygotowania modelu zagrożenia powodziowego od strony wód morskich i wewnętrznych wód morskich.

A- Raster NMT bez informacji o ukształtowaniu dna akwenu lub cieku.

B- Identyfikacja istotnych budowli hydrotechnicznych za pomocą dostępnych źródeł (NMPT, dane LAS, inwentaryzacje budowli hydrotechnicznych oraz systemów ochrony brzegów, ortofotomapy).

C- Przygotowanie linii przekrojów dobrzegowych lub sondowania dna, odzwierciedlających ukształtowanie dna morskiego lub dna cieku

D- Interpolacja przygotowanych danych wymienionych w punkcie C.

E- Dno cieków, w części pozbawionej pomiarów batymetrycznych, należy wykonać przez interpolację pomiarów geodezyjnych przekrojów korytowych.

F- Zinterpolowane dane z punktu E należy uwzględnić na rastrze obliczeniowym.

Dobór docelowej rozdzielczości rastra obliczeniowego musi być dostosowany do specyfiki danego obszaru, tak by możliwe było uwzględnienie wszystkich czynników wpływających na zasięg i poziomy stref zagrożenia powodziowego.

VIII.4.3. Określenie warunków brzegowych

Warunki brzegowe są uzależnione od etapu modelowania. Szerzej ten temat został omówiony w rozdziale VIII.2.

Inne warunki są stosowane na etapie przygotowania modelu do przeprowadzenia modelowania na potrzeby kalibracji i weryfikacji, a inne na etapie modelowania scenariuszy zagrożenia powodziowego.

VIII.4.3.1. Warunki brzegowe na etapie kalibracji i weryfikacji

Kalibrację modelu przeprowadza się z warunkami brzegowymi zarejestrowanymi dla wezbrania sztormowego na wybranych do tego celu mareografach. Na rzekach wprowadzamy warunek brzegowy w postaci przepływu zarejestrowanego (przeliczonego wg krzywej natężenia przepływów) dla wybranego wodowskazu (z ewentualną korektą przepływu w zależności od odległości od wodowskazu).

Dodatkowo należy zastosować warunek brzegowy w postaci zmiennych w czasie: kierunku i prędkości wiatru (alternatywnie zmiennego w czasie i przestrzeni ciśnienia atmosferycznego).

W ten sam sposób postępujemy w przypadku weryfikacji modelu, jednakże w oparciu o inne wezbranie sztormowe niż użyte do kalibracji.

VIII.4.3.2. Warunki brzegowe na etapie scenariuszy powodziowych

Po uzyskaniu zadowalających wyników kalibracji i weryfikacji należy model doprowadzić do sytuacji ustalonej dla początku obliczeń scenariusza zagrożenia powodziowego o największym prawdopodobieństwie wystąpienia zagrożenia powodziowego. Jako warunek brzegowy należy wprowadzić dane o zmiennym w czasie poziomie wód na morskim warunku brzegowym oraz stałe wartości przepływów SSQ dla cieków uwzględnionych w modelu. Dodatkowo zakłada się przyjęcie warunku brzegowego dla wiatru o następujących parametrach: wiatr o stałej prędkości 10 m/s wiejący prostopadle do wybrzeża w czasie: od początku fali hipotetycznej do osiągnięcia maksymalnej wartości hipotetycznego wezbrania sztormowego. Po osiągnięciu szczytu wezbrania warunek brzegowy w postaci wiatru należy wyłączyć.

W ten sam sposób powtarzamy obliczenia dla pozostałych scenariuszy zagrożenia powodziowego.

VIII.4.4. Ustalenie warunków początkowych

Ustalenie poprawnych warunków początkowych dla obliczeń modelowych jest konieczne ze względu na uzyskanie stabilności modelu oraz zapewnienia poprawności prezentowanych obliczeń. Nieprawidłowe przyjęcie warunków początkowych może doprowadzić do zatrzymania obliczeń ze względu na niestabilność numeryczną modelu, lub może zafałszować rzeczywiste wyniki, szczególnie gdy modelowany okres jest zbyt krótki.

W okresie budowania modelu i wstępnych obliczeń, warunki początkowe mogą być przyjęte w taki sposób, że dla wszystkich cieków i wód morskich (lub wewnętrznych wód morskich) zostanie ustalony poziom 0 m n.p.m. Natomiast przepływy na ciekach można ustalić na wartości, które będą odpowiadały przepływowi dla początku okresu kalibracji.

W ten sposób po przeprowadzeniu odpowiednio długich obliczeń osiągniemy ustalony stan w modelu, który posłuży do rozpoczęcia obliczeń w ramach kalibracji. Czas tych wstępnych obliczeń jest zależny od ustabilizowania się poziomów i przepływów w ciekach oraz rozpatrywanym akwenu wód morskich.

Warunek początkowy wyznaczany dla wezbrań hipotetycznych ustalany jest na różnym poziomie, w związku z tym dla każdego scenariusza należy przygotować model do obliczeń w określonych warunkach początkowych.

Podobnie do początkowych warunków hydraulicznych należy ustalić warunki początkowe dla wiatru.

VIII.4.5. Ustalenie parametrów hydraulicznych

Ustalenie parametrów hydraulicznych w modelu odbywa się w dwóch etapach, wstępnym i kalibracyjnym.

VIII.4.5.1. Etap wstępny ustalania parametrów hydraulicznych

W pierwszym etapie parametry hydrauliczne modeli przyjmuje się w oparciu powszechnie stosowane tabele współczynników szorstkości Manninga lub Manninga–Stricklera wg tabel Ven Te Chow, z uwzględnieniem zmienności kształtów i wymiarów przekrojów poprzecznych, lokalnych przeszkód w korytach, nieregularności i krzywizn układu poziomego rzek. Do określenia współczynników szorstkości dla cieków śródlądowych w ich przekrojach mokrych przyjmuje się w oparciu kody pokrycia terenu zanotowane przez ekipy terenowe wykonujące pomiary przekrojów rzek. W pozostałych przypadkach (obszary lądu) współczynniki szorstkości przyjmuje się w oparciu o Bazę Danych Obiektów Topograficznych, lub opracowania własne jeśli BDOT dla przedmiotowego

obszaru jest niedostępny. Oczywiście każde zagospodarowanie terenu posiada pewien przypisany zakres współczynników szorstkości, który w niewielkim zakresie można dobierać.

VIII.4.5.2. Etap kalibracji i dobierania parametrów hydraulicznych

Drugim etapem doboru współczynników szorstkości jest etap kalibracji modelu. W tym etapie możemy ocenić, czy wstępnie przyjęte współczynniki szorstkości zostały właściwie dobrane. Zazwyczaj będzie konieczne dokonanie niezbędnych zmian, aby było możliwe uznanie kalibracji za prawidłowo przeprowadzoną. Parametry konieczne do spełnienia w ramach kalibracji i weryfikacji modelu znajdują się w „*Metodyce opracowania map zagrożenia Powodziowego*” (KZGW, 2009).

VIII.4.6. Analiza obiektów mostowych i hydrotechnicznych

Jednym z ważniejszych elementów mogących wpłynąć na zasięg zagrożenia powodziowego jest lokalizacja obiektów mostowych, budowli hydrotechnicznych lub obiektów ochrony brzegów. W celu osiągnięcia prawidłowego przebiegu propagacji fali powodziowej w terenie zagrożonym należy przeprowadzić analizę istotnych budowli hydrotechnicznych i komunikacyjnych, a następnie uwzględnić je w modelu.

VIII.4.7. Kalibracja i weryfikacja

Wstępne zasady dotyczące kalibracji i weryfikacji modeli morskich opisano w rozdziale VIII.1.1. punkt 8 i 9 Zasad budowy modeli hydraulicznych. Szczegółowo kwestię warunków, które musi spełnić kalibracja i weryfikacja modeli zostały zawarte w opracowaniu pt.: „*Metodyce opracowania map zagrożenia Powodziowego*” (KZGW, 2009).

VIII.5. Różnice w specyfice poszczególnych akwenów morskich:

Zgodnie z „*Metodyką obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek, będących pod wpływem oddziaływania morza, w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia oraz map ryzyka powodziowego*” (2010), wykorzystaną podczas I cyklu planistycznego, strefy zagrożenia powodziowego, będące wynikiem modelowania hydraulicznego, uzależnione były od przyjęcia warunków brzegowych, na które składały się następujące elementy:

- poziom wody o prawdopodobieństwie przewyższenia (0,2%, 1%) w oparciu o dane statystyczne z wielolecia;
- wzrost poziomu morza wywołany prognozowanymi zmianami klimatycznymi;
- wpływ falowania.

Modelowanie hydrauliczne zagrożeń od strony morza musi uwzględniać różnice w specyfice poszczególnych akwenów morskich. Różnice w specyfice poszczególnych akwenów morskich wynikają głównie z:

- lokalizacji oraz ekspozycji brzegów
- wielkości akwenu
- rodzaju zabudowy i formy zabezpieczeń przeciwpowodziowych oraz przeciwsztormowych
- wpływu falowania na wzrost zagrożenia powodziowego o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia

Sposób modelowania zagrożeń od strony morza w II cyklu planistycznym musi uwzględnić specyfikę następujących, wyodrębnionych przez Zamawiającego typów akwenów:

1. otwarte morze;
2. ujścia rzek, cieśniny;
3. zalewy;
4. zatoki (Zatoka Gdańska, Zatoka Pomorska);
5. porty.

Modelowanie hydrauliczne zagrożeń od strony morza w II cyklu planistycznym dla poszczególnych akwenów należy wykonać zgodnie z „*Metodyką obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza, w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego*” (2010) oraz jej uszczegółowieniem (2015). Zgodnie z ich zapisami modelowanie w II cyklu planistycznym należy wykonać zgodnie z Tab. 8.5.1. Ostateczny zakres uwzględniania poszczególnych elementów modelu należy podjąć na podstawie wiedzy i doświadczenia osób odpowiedzialnych za modelowanie hydrauliczne oraz przedstawicieli administracji morskiej.

Tab. 8.5.1. Sposób uwzględniania wymienionych elementów modelu dla poszczególnych akwenów podczas modelowania zagrożeń od strony morza w II cyklu planistycznym

Element modelu	Akwen			
	Otwarte morze	Ujścia rzek, cieśniny	Zalewy	Zatoki
poziom wody o prawdopodobieństwie przewyższenia (0,2% i 1%)	Wartości poziomów wody o danym prawdopodobieństwie przewyższenia (0,2% i 1%) wraz rozkładem poziomów w czasie (wezbrania hipotetyczne) Zleconiodawca zamówi u Wykonawcy zlecenia na opracowanie MZP i MRP podczas realizacji II cyklu planistycznego			
wzrost poziomu morza wywołany prognozowanymi zmianami klimatycznymi	Wpływ prognozowanych zmian klimatycznych na wzrost poziomów morza zostanie uwzględniony na podstawie rozdziału 6. Rekomendowanym jest przyjęcie wartości dla okresów 2011-2030 (2030-2060/80 oraz 2100) według scenariusza A2. Ostateczny zakres uwzględniania wartości zostanie podjęty przez Zamawiającego.			
wpływ falowania	Zgodnie z A. Rekomenduje się zastosowanie wartości wg wzoru str. 6 z metodyki A. dla poszczególnych stacji mareograficznych	Zgodnie z B. Rekomenduje się brak uwzględniania tego elementu..	Zgodnie z B. Rekomenduje się brak uwzględniania tego elementu..	Zgodnie z A. Rekomenduje się zastosowanie wartości 35 cm..

- A. „Metodyka obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego” (2010)
- B. Uszczegółowienie „Metodyki obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego” (2015)

Szczególny sposób modelowania hydraulicznego zagrożenia od strony morza zostanie zastosowany dla portów wymienionych w SIWZ dla zamówienia pt. „Weryfikacja i aktualizacja metodyki opracowania map zagrożenia i map ryzyka powodziowego od strony morza” (2017): Gdańsk, Gdynia, Szczecin, Świnoujście. Dla tych portów zostaną zbudowane modele o dużej rozdzielczości (maksymalny rozmiar piksela rastra obliczeniowego: 3m x 3m), które w sposób bardzo dokładny odwzorowywać będą budowle hydrotechniczne (falachrony, pirsy itp.). Warunkami brzegowymi do tak zbudowanych modeli będą wezbrania hipotetyczne o danym prawdopodobieństwie wystąpienia, uwzględniające wpływ prognozowanych zmian klimatycznych na

wzrost poziomów morza (na podstawie rozdziału 6. Rekomendowanym jest przyjęcie wartości dla okresu 2011-2030 według scenariusza A2. Ostateczny zakres uwzględniania wartości zostanie podjęty przez administrację morską) oraz warunki falowania. Uwzględnienie warunków falowania może mieć formę podobną do tej opisanej w Tab. 8.5.1 lub zmiennych w czasie danych (o odpowiedniej długości i wysokości fali), które zostaną zaimplementowane do hipotetycznych wezbrań. Taki sposób postępowania pozwoli na oszacowanie zjawiska redukcji falowania w na akwenach osłoniętych przez budowle hydrotechniczne (np. falochrony) i ich wpływu na poziom zagrożenia powodziowego. Celowe jest określenie „oszacowanie”, bowiem modele dwuwymiarowe 2D, które zostały wykorzystane podczas I cyklu planistycznego, posiadają jedynie uproszczoną możliwość uwzględnienia falowania na akwencie morskim.

VIII.6. Zasady wyznaczania obszarów obejmujących tereny narażone na zalanie w przypadku przelania się wody przez elementy tworzące system ochrony brzegu (plaże, wydmy, klify, wały przeciwsztormowe, nabrzeża, itp.), bądź w przypadku ich zniszczenia lub znaczącego uszkodzenia.

Zgodnie z założeniami, opisanymi w rozdziale 5. i 7., scenariusz wystąpienia powodzi 0,2% oraz 1%, uwzględni obszary zagrożenia powodziowego od strony morza wynikające z przelania się wód przez koronę wałów przeciwpowodziowych lub przeciwsztormowych.

Dla scenariusza 3 wymienionego w rozdziale 5.: zniszczenie budowli przeciwpowodziowej w przypadku wystąpienia powodzi 1%, uwzględnione zostanie całkowite zniszczenie budowli (zgodnie z: *Metodyka opracowania map zagrożenia powodziowego dla obszarów narażonych na zalanie w przypadku zniszczenia lub uszkodzenia wałów przeciwpowodziowych* (wariant całkowitego zniszczenia obwałowania, Załącznik nr 3). Obszary zagrożenia powodziowego na skutek całkowitego zniszczenia budowli zostaną wyznaczone poprzez niezależne modelowanie dla warunków ruchu nieustalonego, (osobno dla lewego i prawego zawala rzeki lub akwenu) polegające na całkowitym usunięciu budowli przeciwpowodziowych. Symulację hydrauliczną należy przeprowadzić modelami, opracowanymi dla podstawowych scenariuszy powodziowych. Pozostałe parametry modelu odpowiadać będą warunkom symulacji podstawowego scenariusza modelowania zagrożeń od strony morza o prawdopodobieństwie wystąpienia 1%. Rzeczny warunek brzegowy stanowić będzie wartość średniego przepływu z ostatniego trzydziestolecia (SSQ) dla przekroju rozpoczynającego model. W przypadku, gdy ukształtowanie terenu lub warunki hydrologiczne tego wymagają, model należy rozbudować. Następnie wyniki wszystkich wykonanych symulacji należy połączyć, przez co

powstanie sumaryczny obszar potencjalnego zagrożenia powodziowego. Tak opracowane obszary odzwierciedlają potencjalne zagrożenie powodzią.

Dla scenariusza 4 wymienionego w rozdziale 5. zniszczenie budowli przeciwpowodziowej w przypadku wystąpienia powodzi 0,5%, uwzględnione zostanie całkowite uszkodzenie wskazanych przez Zamawiającego budowli. Koncepcja modelowania tego scenariusza opiera się na założeniu występowania budowli, które stanowią zabezpieczenie przed zagrożeniami od strony morza o niższym prawdopodobieństwie wystąpienia niż 1%. Schemat przeprowadzenia modelowania będzie analogiczny jak w przypadku modelowania scenariusza całkowitego zniszczenia obwałowania dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1%. Pozostałe parametry modelu odpowiadać będą warunkom symulacji scenariusza modelowania zagrożeń od strony morza o prawdopodobieństwie wystąpienia 0,5%. Rzeczny warunek brzegowy stanowić będzie wartość średniego przepływu z ostatniego trzydziestolecia (SSQ) dla przekroju rozpoczynającego model.

VIII.7. Dane wejściowe i wyjściowe składające się na modele hydrauliczne.

Opracowanie w pełni funkcjonalnych modeli hydraulicznych wymaga dostarczenia szerokiego zakresu danych wejściowych. Dane wejściowe można podzielić na dane konieczne do zbudowania struktury obliczeniowej modelu oraz dane konieczne do przeprowadzenia obliczeń hydrodynamicznych.

VIII.7.1. Dane wejściowe do konstrukcji modelu

Zbudowanie modelu hydraulicznego pozwalającego na określenie zasięgu zagrożenia powodziowego od wód morskich i wewnętrznych wód morskich wymaga dostarczenia następujących danych:

- Numeryczny model terenu - NMT o rozdzielczości co najmniej 1 m oraz dokładności wysokościowej +/-0,15 m dostarczony przez Zamawiającego.
- Numeryczny model powierzchni terenu – NMPT o rozdzielczości odpowiadającej NMT
- Oryginalne pliki LAS dla modelowanych obszarów.
- Przekroje dobrzegowe

- Dowiązane geodezyjnie wszelkie dane batymetryczne konieczne do sporządzenia ukształtowania dna.
- Baza danych obiektów topograficznych dla modelowanych obszarów.
- Przekroje geodezyjne koryt cieków i kanałów.
- Przekroje geodezyjne budowli hydrotechnicznych zarówno morskich jak i rzecznych.
- Cyfrowa Mapa Podziału Hydrograficznego Polski w najnowszej wersji, zawierająca schematyzację przebiegu cieków, wydzielone zlewnie z podziałem na rzędy.
- Przekroje dolinowe cieków wykonane w I cyklu planistycznym.
- Modele hydrauliczne wykonane w I cyklu planistycznym, w tym wersje modeli wykorzystanych do opracowania wariantu zerowego w ramach Planów Zarządzania Ryzykiem Powodziowym.

Wszelkie dostarczone dane będą podlegać aktualizacji do czasu przystąpienia do obliczeń ustalonych scenariuszy zagrożenia powodziowego (np. w przypadku, gdy przekroje korytowe lub budowle hydrotechniczne podlegały istotnym modyfikacjom, tym samym wpływając na zmiany zasięgu i rzędne stref zagrożenia powodziowego). Dla obszarów wskazanych do wykonania MZP i MRP w II cyklu planistycznym (wymienionych w Raporcie WORP z I cyklu planistycznego) oraz dla nowych obszarów (zakwalifikowanych w ramach WORP opracowanych w II cyklu planistycznym) podczas modelowania hydraulicznego zostaną dodatkowo wykorzystane przekroje geodezyjne koryt i budowli hydrotechnicznych, wykonane na zlecenie KZGW w ramach realizacji II cyklu planistycznego, o ile zostaną przekazane przez Prezesa KZGW. Dane batymetryczne akwenów morskich - wykorzystane podczas modelowania hydraulicznego w I cyklu planistycznym - należy zaktualizować w oparciu o dane batymetryczne dostarczone przez administrację morską oraz BHMW. Dane te należy również wykorzystać dla obszarów wskazanych do wykonania MZP i MRP w II cyklu planistycznym (wymienionych w Raporcie WORP z I cyklu planistycznego) oraz dla obszarów zakwalifikowanych w ramach WORP w II cyklu planistycznym.

VIII.7.2. Dane wejściowe do obliczeń modeli hydraulicznych

Zakres danych wejściowych niezbędnych do wykonania obliczeń opisano w rozdziale VII niniejszej metodyki.

Dane te można podzielić na dane konieczne do wykonania kalibracji i weryfikacji modeli oraz na dane konieczne do przeprowadzenia obliczeń scenariuszy prawdopodobnych zagrożeń powodziowych.

A. Dane wejściowe do skalibrowania i zweryfikowania modeli

Obejmują obserwacyjne dane historyczne dla co najmniej dwóch wezbrań sztormowych:

- poziomy na stacjach mareograficznych;
- poziomy na wodowskazach w ujściowych odcinkach rzek;
- prędkość i kierunek wiatru (opcjonalnie pola ciśnienia atmosferycznego);
- przepływy w rzekach uchodzących do morza.

B. Dane wejściowe do scenariuszy zagrożenia powodziowego

Scenariusze powodziowe będą zależne od następujących danych wejściowych:

- zmienny w czasie poziom morza $H(t)$,
- ustalony w czasie kierunek i prędkość wiatru
- ustalone w czasie przepływy średnie na ciekach uchodzących do morza

VIII.7.3. Dane wyjściowe z modeli hydraulicznych

Opierając się na Rozporządzeniu w sprawie opracowania map zagrożenia powodziowego można określić zakres danych wyjściowych z modelowania hydraulicznego niezbędnych do opracowania map zagrożenia powodziowego. Dane będą obejmowały:

- wyniki modelowania dwuwymiarowego w postaci rastra maksymalnego poziomu zwierciadła wody wraz zasięgiem (tj. numerycznego modelu powierzchni wody);
- wyniki modelowania jednowymiarowego w postaci:
 - maksymalnych rzędnych zwierciadła wody w przekrojach obliczeniowych;
 - zorientowanych przestrzennie linii przekrojów obliczeniowych.

Rzędne te wraz szerokością przekrojów obliczeniowych zostaną wykorzystane do opracowania numerycznego modelu powierzchni wody wraz zasięgiem przy wykorzystaniu narzędzi GIS.

VIII.8. Uzasadnienie wybranych rozwiązań modelowania hydraulicznego.

Autorzy niniejszej metodyki wskazują jako zalecane do zastosowania dwuwymiarowe lub hybrydowe matematyczne modelowanie hydrauliczne w ruchu nieustalonym, w celu określenia zagrożenia powodziowego od strony wód morskich lub wewnętrznych wód morskich. Przyjęcie takiego sposobu realizacji cechuje się najwyższym stopniem sprawdzalności i poprawności przyjętych założeń w porównaniu do użycia rozwiązań z wykorzystaniem wyłącznie geograficznych systemów informacyjnych lub wykorzystania modeli wyłącznie w ruchu ustalonym.

Dotychczas często stosowane w praktyce przyjęcie poziomu i zasięgu zagrożenia powodziowego od strony wód morskich za pomocą odcięcia maksymalnego poziomu zwierciadła wody od numerycznego modelu terenu jest rozwiązaniem słusznym jedynie w szczególnych przypadkach, gdy obszar zalewowy jest stosunkowo niewielki, położony wzdłuż brzegu morskiego i nie jest chroniony przez obiekty przeciwszstormowe.

We wszystkich pozostałych przypadkach najważniejszym elementem oprócz maksymalnej wysokości poziomu wód morskich jest czas, w którym maksymalny poziom wezbrania sztormowego zostanie osiągnięty oraz jak szybko opadnie poniżej naturalnych lub antropogenicznych form terenu, uniemożliwiając tym samym dalsze zasilanie terenów zalewowych wodami morskimi. Trzecim elementem wpływającym na wielkość zagrożenia powodziowego jest zdolność obszaru zagrożonego powodzią do transferu zagrożenia w głąb lądu. Dlatego kluczowym elementem w możliwości penetracji lądu przez morską falę powodziową będzie także rzeźba terenu.

W przypadku identyfikacji rozległych obszarów zagrożonych powodzią od wód morskich lub wewnętrznych wód morskich, ale chronionych przez wydmy, obwałowane ujścia rzek, lub budowle przeciwszstormowe należy mapy zagrożenia powodziowego wykonać w oparciu o wyniki modeli dwuwymiarowych lub hybrydowych w ruchu nieustalonym. Tylko takie podejście do zagadnienia zasięgu powodzi od wód morskich lub wewnętrznych wód morskich zapewni wiarygodność wyników.

VIII.9. Zasady uzgadniania warunków modelowania hydraulicznego oraz wyników modelowania na styku obszarów modelowania.

Uzgadnianie warunków modelowania hydraulicznego na styku różnych obszarów modelowania powinno być pierwszym etapem przed przystąpieniem do modelowania hydraulicznego. Natomiast uzgadnianie wyników jest właściwie ostatnim etapem prac przy określaniu stref zagrożenia powodziowego.

Jednakże w natłoku prac i różnorodnych obowiązków, przy koordynacji wieloosobowych zespołów realizujących swoje zadania w różnych ośrodkach (w tym międzynarodowych, do czego

obliguje Dyrektywa Powodziowa na wodach międzynarodowych), może się zdarzyć, że zabraknie uzgodnień w zakresie warunków początkowych i brzegowych dla modelowanych sąsiadujących akwenów. W konsekwencji uzyskamy wyniki w postaci numerycznych modeli powierzchni wody (NMPW), które nie będą pasowały do siebie zarówno w zakresie zasięgu jak i poziomu.

Dotychczas nie powstały dokumenty regulujące kwestie niezgodności zasięgów zagrożenia powodziowego na styku obszarów modelowania. W szczególności dotyczy to nakładania się zasięgu stref zagrożenia powodziowego od strony wód śródlądowych ze strefami zagrożenia od strony wód morskich. Podobnie dotyczy to kwestii ustalania poziomów zagrożenia powodziowego pomiędzy odcinkami wybrzeża, dla których określa się różne wartości punktowo dla lokalizacji mareografów, co implikuje konieczność interpolowania różnicy poziomów na odcinku wybrzeża pomiędzy tymi mareografami oraz adaptację warunków początkowych i brzegowych w wykorzystywanych modelach.

Konieczność uzgadniania różnic maksymalnych poziomów oraz sposobów ich niwelowania wystąpi na styku modeli dla otwartego morza z pozostałymi wyodrębnionymi akwenami, tj.: basenami portowymi, zatokami, ujściowymi odcinkami rzek.

W celu zachowania właściwego obrazu otrzymywanych wyników na styku różnych obszarów modelowania, należy uzgodnić wyniki w zakresie obliczeń hydraulicznych w postaci rzędnych zwierciadła wody oraz zasięgu stref zagrożenia powodziowego.

W przypadku wystąpienia niezgodności, należy podjąć działania, mające na celu uzyskanie właściwego dopasowania rzędnych zwierciadła wody oraz zasięgu stref zagrożenia powodziowego. Możliwe jest wykorzystanie modeli uzupełniających, obejmujących strefę styków obszarów modelowania. Wówczas, dla warunków brzegowych należy przyjąć wyniki obliczeń z dwóch sąsiednich modeli. Wielkość modelu należy dopasować odpowiednio do występujących różnic pomiędzy modelami.

W przypadku zaistnienia konfliktu w postaci niezgodności dla uzyskanych numerycznych modeli powierzchni wody na sąsiadujących (najczęściej nakładających się częściowo na siebie) obszarach, konieczne jest dokonanie zmiany warunków brzegowych modeli. A następnie ponowne wykonanie czasochłonných obliczeń.

W związku z powyższym, w celu uniknięcia zbędnej straty czasu na korektę dużych rozbieżności pomiędzy wynikami modeli hydraulicznych należy przyjąć następujące zasady postępowania:

1. Obszary modelowane należy budować tak, aby nie tylko się stykały ze sobą, ale powinny zawierać między sobą znaczącą część wspólną.

2. Należy ustalić wspólne warunki początkowe i brzegowe dla modeli o wspólnej części numerycznego modelu powierzchni wody.
3. Po uzyskaniu wyników modelowania, surowe wyniki w postaci maksymalnych poziomów numerycznych modeli powierzchni wody należy porównać ze sobą. W przypadku uzyskania zgodności na wspólnym obszarze wyniki można przekazać do dalszego przetwarzania przez zespół kartografów. Jeśli rozbieżności są znaczące, należy skorygować warunki początkowe i brzegowe lub w ekstremalnym przypadku zwiększyć obszar wspólny modeli.
4. Końcowa kontrola wyników modeli hydraulicznych następuje w czasie przetwarzania przez zespół kartografów. Jeśli pojawi się znacząca różnica w uzyskanych wynikach (np. wynikająca z generalizowania numerycznego modelu terenu), to należy poinformować zespół modelujący o błędzie. W takim przypadku należy przeanalizować elementy morfologiczne, które mogły mieć wpływ na różnice (np. obniżenie rzędnej korony wału podczas tworzenia siatki numerycznego modelu terenu o mniejszej rozdzielczości).
5. Ostatecznym etapem jest stworzenie map zagrożenia powodziowego o zgodnych numerycznych modelach powierzchni wody na obszarach wspólnych dla rozpatrywanych obszarów modelowania.

IX. OPRACOWANIE MZP OD STRONY MORZA

Tworzenie map zagrożenia powodziowego będzie uwzględniać następujące etapy analizy:

1. Budowa modelu hydraulicznego zgodnie z zasadami określonymi w rozdziale VIII;
2. Wykonanie obliczeń hydraulicznych dla scenariuszy powodziowych zdefiniowanych zgodnie z zasadami określonymi w rozdziale V;
3. Wyznaczenie obszarów zagrożenia powodziowego poprzez przetwarzanie wyników modelowania hydraulicznego;
4. Uzgadnianie obszarów na styku obszarów modelowania;
5. Przygotowanie bazy danych wyjściowych zgodnie z zasadami określonymi w rozdziale XI;
6. Przygotowanie wersji kartograficznej map zagrożenia powodziowego zgodnie z zasadami określonymi w rozdziale XII.

Wyniki modelowania hydraulicznego 2D i 1D/2D rzędnych zwierciadła wody stanowią podstawę wyznaczania obszarów zagrożenia powodziowego od strony morza.

Obszary zagrożenia powodziowego należy wyznaczyć przy zastosowaniu oprogramowania typu GIS. Opracowywane poligony obszarów zagrożenia powodziowego należy zgeneralizować na etapie przygotowania bazy danych.

Procedura wyznaczania obszarów zagrożenia powodziowego będzie obejmować poniższe kroki:

1. Generowanie rastra numerycznego modelu powierzchni wody (NMPW) – dla wyników z poszczególnych modeli hydrodynamicznych;
2. Generowanie rastra głębokości wody;
3. Wstępna weryfikacja rastra głębokości wody (generalizacja merytoryczna, prowadzona przez specjalistę ds. GIS na podstawie doświadczenia i wiedzy o zjawisku i sytuacji);
4. Reklasyfikacja rastra głębokości wody;
5. Wygładzanie (dwukrotne) rastra głębokości wody;
6. Konwersja rastra głębokości wody do postaci wektorowej;
7. Usuwanie obszarów zalewów nie połączonych hydraulicznie z akwem lub korytem rzeki;
8. Eliminacja małych poligonów;
9. Strefa głębokości w obszarze akwenu lub koryta rzeki;
10. Obszar zagrożenia powodziowego;
11. Korekta obszaru zagrożenia powodziowego.

Zgodnie z art. 88f ust. 2 ustawy Prawo wodne mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, stanowią integralny element map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego opracowywanych przez Prezesa KZGW. W związku z powyższym, w celu zapewnienia zgodności pomiędzy tymi dwoma opracowaniami, obszary zagrożenia powodziowego od strony morza należy wyznaczyć zgodnie z zasadami określonymi w dokumentach metodycznych stosowanymi przez Prezesa KZGW, tj. zgodnie z zasadami określonymi w Raporcie z wykonania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego (KZGW, v-1.01), w rozdziale V.3. Wyznaczanie obszarów zagrożenia powodziowego. W przypadku aktualizacji dokumentów metodycznych stosowanych przez Prezesa KZGW w II cyklu planistycznym obszary zagrożenia powodziowego od strony morza należy wykonywać zgodnie z nowymi zasadami przyjętymi do stosowania przez Prezesa KZGW.

X. OPRACOWANIE MRP OD STRONY MORZA

Mapy ryzyka powodziowego zgodnie z Rozporządzeniem, muszą być wynikiem następujących etapów analizy:

1. Przekształcenie przy użyciu narzędzi GIS danych wejściowych do struktury baz danych ryzyka powodziowego w celu określenia dla obszarów zagrożenia powodziowego:

- a. negatywnych konsekwencji dla ludności,
- b. rodzaju działalności gospodarczej,
- c. obiektów zagrażających środowisku w przypadku wystąpienia powodzi,
- d. obszarów chronionych,
- e. obszarów i obiektów dziedzictwa kulturowego;

2. Obliczenie wartości potencjalnych strat powodziowych;

3. Przygotowanie bazy danych wyjściowych;

4. Przygotowanie wersji kartograficznej map ryzyka powodziowego.

Podstawę do opracowania map ryzyka powodziowego stanowią mapy zagrożenia powodziowego z wyznaczonymi obszarami zagrożenia powodziowego oraz głębokościami wody sklasyfikowanymi w 4 przedziałach, zgodnych z Rozporządzeniem:

1. głębokość wody mniejsza lub równa 0,5 m;
2. głębokość wody większa niż 0,5 m, a mniejsza lub równa 2 m;
3. głębokość wody większa niż 2 m, a mniejsza lub równa 4 m;
4. głębokość wody większa niż 4 m.

Zgodnie z art. 88f ust. 2 ustawy Prawo wodne mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, stanowią integralny element map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego opracowywanych przez Prezesa KZGW. W związku z powyższym, w celu zapewnienia zgodności pomiędzy tymi dwoma opracowaniami, obszary zagrożenia powodziowego od strony morza należy wyznaczyć zgodnie z zasadami określonymi w dokumentach metodycznych stosowanych przez Prezesa KZGW, tj. zgodnie z zasadami określonymi w Raporcie z wykonania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego (KZGW, v-1.01), w rozdziale VI. Opis metodyki opracowania MRP. W przypadku aktualizacji dokumentów metodycznych stosowanych przez Prezesa KZGW w II cyklu planistycznym obszary zagrożenia powodziowego od strony morza należy wykonywać zgodnie z nowymi zasadami przyjętymi do stosowania przez Prezesa KZGW.

XI. FORMA I ZAKRES BAZY DANYCH PRZESTRZENNYCH MZP i MRP OD STRONY MORZA, OPIS I ZAKRES METADANYCH

Baza danych map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego będzie obejmowała:

1. warstwy referencyjne;
2. warstwy map zagrożenia powodziowego;
3. warstwy map ryzyka powodziowego;
4. warstwy wspólne map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego;
5. warstwę odcinków wybrzeża oraz rzek;
6. skorowidz - wskazujący, dla których MZP i MRP z I cyklu pozostały bez zmian, a gdzie nastąpiły zmiany lub zostaną opracowane nowe mapy;
7. warstwy przestrzenne zawierające dane hydrologiczne oraz dane batymetryczne dna morskiego.

Wszelkie dane, służące opracowaniu cyfrowych map zagrożenia powodziowego, obejmujące biblioteki stylów, symboli kartograficznych oraz projekty kartograficzne, obejmujące pliki mxd lub lyr oraz baza danych przestrzennych zostaną przygotowane w wersji uzgodnionej z administracją morską. Dane przestrzenne muszą być opracowane w układach współrzędnych zgodnych z rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych, tj. w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych PL-1992 oraz w geodezyjnym układzie wysokościowym PL-KRON86-NH.. Baza danych przestrzennych będzie zawierać uzupełnioną bibliotekę stylów i symboli, a także pliki określające symbolikę poszczególnych warstw. Baza danych przestrzennych będzie podlegała wersjonowaniu.

W ramach prac nad mapami zostaną przygotowane metadane. Należy przeprowadzić analizę aktualnych wymagań dla profilu metadanych według dyrektywy INSPIRE oraz wytycznych WISE. Dodatkowo należy uwzględnić rozszerzenie o elementy rekomendowane dla serii danych związanych ze zbiorami danych dotyczących zagrożeń naturalnych zapisanych w dokumencie „D2.8.III.12 Data Specification on Natural risk zones – Draft Technical Guidelines” z 2013 r. (D2.8.III.12_v3.0rc3).

Zgodnie z art. 88f ust. 2 ustawy Prawo wodne mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, stanowią integralny element map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego opracowywanych przez Prezesa

KZGW. W związku z powyższym, w celu zapewnienia zgodności pomiędzy tymi dwoma opracowaniami, baza danych przestrzennych MZP i MRP od strony morza oraz metadane muszą być zgodne z zasadami określonymi w dokumentach metodycznych stosowanymi przez Prezesa KZGW, tj. zgodnie z zasadami określonymi w Raporcie z wykonania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego (KZGW, v-1.01), w rozdziale VII.1. Baza danych przestrzennych MZP i MRP. W przypadku aktualizacji dokumentów metodycznych stosowanych przez Prezesa KZGW w II cyklu planistycznym bazę danych przestrzennych MZP i MRP oraz metadane należy wykonywać zgodnie z nowymi zasadami przyjętymi do stosowania przez Prezesa KZGW.

XII. OPRACOWANIE WERSJI KARTOGRAFICZNEJ MZP I MRP OD STRONY MORZA

Wizualizacja kartograficzna MZP i MRP zostanie opracowana w postaci rastrowej w podziale na arkusze (godła) odpowiadające arkuszom map topograficznych w skali 1:10 000. Wizualizacje map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego od strony morza zostaną wykonane oddzielnie dla każdego scenariusza zagrożenia powodziowego zgodnie z zasadami określonymi w rozdziale V.

Zgodnie z Rozporządzeniem, wizualizacja kartograficzna map zagrożenia powodziowego przygotowana zostanie w jednym zestawie tematycznym (odrębnie dla każdego ze scenariuszy powodziowych, tj.: H1%, H0,2% i Z1%):

1. Mapy zagrożenia powodziowego wraz z głębokością wody;

Zgodnie z Rozporządzeniem, wizualizacja kartograficzna map ryzyka powodziowego przygotowana została w dwóch zestawach tematycznych (odrębnie dla każdego ze scenariuszy powodziowych):

2.a.. Mapa ryzyka powodziowego – Negatywne konsekwencje dla ludności oraz wartości potencjalnych strat powodziowych;

2.b. Mapa ryzyka powodziowego – Negatywne konsekwencje dla środowiska, dziedzictwa kulturowego i działalności gospodarczej.

Zgodnie z art. 88f ust. 2 ustawy Prawo wodne mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, stanowią integralny element map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego opracowywanych przez Prezesa KZGW. W związku z powyższym, w celu zapewnienia zgodności pomiędzy tymi dwoma opracowaniami, wersje kartograficzne MZP i MRP od strony morza muszą być zgodne z zasadami

określonymi w dokumentach metodycznych stosowanymi przez Prezesa KZGW, tj. zgodnie z zasadami określonymi w Raporcie z wykonania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego (KZGW, v-1.01), w rozdziale VII.2. Wizualizacja kartograficzna MZP i MRP. W przypadku aktualizacji dokumentów metodycznych stosowanych przez Prezesa KZGW w II cyklu planistycznym wersje kartograficzne MZP i MRP należy wykonywać zgodnie z nowymi zasadami przyjętymi do stosowania przez Prezesa KZGW.

XIII. FORMA I ZAKRES DANYCH PODLEGAJĄCYCH PRZEKAZANIU PREZESOWI KRAJOWEGO ZARZĄDU GOSPODARKI WODNEJ

„Przegląd i aktualizacja map zagrożenia i ryzyka powodziowego od strony morza” zostanie przekazana Prezesowi KZGW. Zakres przestrzenny przekazywanych danych musi być zgodny z zakresem omówionym w rozdziale III.

Mapy zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego od strony morza zostaną sporządzone w formie cyfrowej i będą zawierać:

1. bazę danych przestrzennych w formacie shapefile. Poszczególne pliki zostaną zapisane w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych PL-1992.;

Szczegółowy opis struktury atrybutowej bazy danych map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego został zawarty w załączniku nr 4 Raportu KZGW z wykonania MZP i MRP i obejmuje: nazwy warstw, typy warstw, opis warstw, źródło danych oraz atrybuty (nazwa pola, typ pola, opis, źródło atrybutu). Struktura powinna uwzględniać potrzeby wynikające z wymagań Dyrektywy INSPIRE.

W ramach prac nad mapami należy przygotować metadane, zgodnie z zasadami dotyczącymi przygotowania raportów do Komisji Europejskiej

2. wizualizację kartograficzną MZP i MRP od strony morza opracowaną w postaci rastrowej - plików tiff i geotiff - w podziale na arkusze (godła) odpowiadające arkuszom map topograficznych w skali 1:10 000.

Pliki tiff zawierać będą pełny obraz mapy, wraz z ramką danych oraz elementami pozaramkowymi (m.in. tytuł, legendę, skalę, podziałkę, schemat podziału administracyjnego). Natomiast pliki geotiff - jedynie ramkę danych wraz z treścią kartograficzną, bez elementów pozaramkowych.

Wizualizacje map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego od strony morza wykonane zostaną oddzielnie dla każdego z obszarów zagrożenia powodziowego (inaczej mówiąc - scenariuszy powodziowych).

Zgodnie z art. 88f ust. 2 ustawy Prawo wodne mapy zagrożenia powodziowego oraz mapy ryzyka powodziowego od strony morza, w tym morskich wód wewnętrznych, stanowią integralny element map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego opracowywanych przez Prezesa

KZGW. W związku z powyższym, w celu zapewnienia zgodności pomiędzy tymi dwoma opracowaniami, zakres danych podlegających przekazaniu Prezesowi Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej musi być zgodny z zasadami określonymi w dokumentach metodycznych stosowanymi przez Prezesa KZGW w przypadku aktualizacji dokumentów metodycznych stosowanych przez Prezesa KZGW w II cyklu planistycznym wersje kartograficzne MZP i MRP od wód morskich i wewnętrznych wód morskich należy wykonywać zgodnie z nowymi zasadami przyjętymi do stosowania.

XIV. ZAŁĄCZNIKI

1. Raport z wykonania MZP i MRP wraz z załącznikami (2013, KZGW)
2. „Metodyka obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka (2010, IMGW O Morski w Gdyni, Urząd Morski w Gdyni)
3. Uszczegółowienie „Metodyki obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka (2015, IMGW)
4. Raport w sprawie: Założeń do wykonania obliczeń zasięgu zagrożenia powodziowego o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% (raz na 100 lat) od strony morza i morskich wód wewnętrznych dla obszaru Miasta Świnoujście (IMGW, 2015)
5. SIWZ na wykonanie usługi *Przeгляд i aktualizacja map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego* realizowanej przez Prezesa KZGW w ramach projektu POIS.02.01.00-00-0013/16
6. Metodyka opracowania map zagrożenia powodziowego (2009, KZGW)
7. Metodyka opracowania map ryzyka powodziowego (2009, KZGW)
8. Raport z zakończenia realizacji zadania 1.3.2 – Przygotowanie danych hydrologicznych w zakresie niezbędnym do modelowania hydraulicznego
- 9.
10. Raport w sprawie: Założeń do wykonania obliczeń zasięgu zagrożenia powodziowego o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% (raz na 100 lat) od strony morza i morskich wód wewnętrznych dla obszaru Miasta Świnoujście

Bibliografia

1. Bakuła K., 2014, Rola redukcji ilościowej danych wysokościowych pozyskanych z lotniczego skaningu laserowego w procesie tworzenia map..., Politechnika Warszawska.
2. Sztobryn M., Letkiewicz B., Mykita M., Kowalska B., Cieślak A., 2010, Metodyka obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania Map Zagrożenia Powodziowego oraz Map Ryzyka Powodziowego, IMGW-PIB o. Morski w Gdyni, Gdynia
3. Jednorat T., 2005, Metodyka prognozowania statystycznego stanów wody w ujściowych odcinkach rzek wpadających do Morza Bałtyckiego, podlegających wpływowi cofki, Zadanie badawcze PH – 2 „Dostosowanie, opracowanie i modyfikacja istniejących metod prognozowania poziomów morza oraz stanów wody w ujściowych odcinkach rzek środkowego Wybrzeża Bałtyku, IMGW, Oddział Morski, Gdynia
4. Przygodzki P., Letkiewicz B., 2015, Charakterystyka wezbrań sztormowych wzdłuż polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego, Inżyniera Morska i Geotechnika, vol. 36, nr 3, s. 158-165
5. Kurnatowski J., 2012, Cofka- definicje, wątpliwości, propozycje, Gospodarka Wodna, nr 4, s. 154-157
6. Jednorat T. i in., 2003, Model rozrządu Węzła Gdańskiego dla zabezpieczenia przeciwpowodziowego zlewni rzeki Martwej Wisły (Żuławy Gdańskie i miasto Gdańsk); Analiza hydrologiczna dla zlewni Raduni, Kanału Raduni, Motławy, Optywu Motławy, Czarnej Łachy, Bielawy i Kłodawy z uwzględnieniem wpływu stanów wód Zatoki Gdańskiej, zrzutu wód z polderów i kanałów malioracyjnych oraz potok...ow, zbiorników retencyjnych, istniejących i projektowanych przeczutów owdy oraz z uwzględnieniem stopnia zurbanizowania zlewni obecnie i w przyszłości, IMGW-PIB o. Morski w Gdyni, Gdynia
7. Hydroprojekt 1989, Centralny Program Badawczo-rozwojowy, Gospodarka wodna, Cel nr 3.,Zadanie wdrożeniowe 3.3 Generowanie fal hipotetycznych dla potrzeb oceny efektów gospodarki przeciwpowodziowej, nr arch 17096-C/90
8. Dębski K., 1948, Hydrologia i hydraulika, PIHM, Warszawa
9. Przygodzki P., Letkiewicz B., Mykita M., 2012, Wpływa zmian klimatycznych na zasięg ekstremalnych wezbrań sztormowych w strefie brzegowej Zatoki Gdańskiej pod koniec XXI wieku, Inżyniera Morska i Geotechnika, vol. 33, nr 5, s. 585-592
10. Jakusik E., 2012, Wpływ zmian klimatu na charakterystyki falowania w południowej części Bałtyku i jego skutki dla polskiej strefy brzegowej, Rozprawa doktorska, IMGW PIB, Warszawa.
11. Jakusik E. i in., 2012, Poziom morza w polskiej strefie brzegowej – stan obecny i spodziewane zmiany w przyszłości, KLIMAT „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo (zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego)”. zadanie 6 Bałtyk, jako element systemu klimatycznego i jego roli w tworzeniu się stanów zagrożenia, podzadanie 6.1: Wpływ zmian klimatycznych na zmiany średniego poziomu morza i występowania jego ekstremalnych wartości w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego i scenariusze zmian, IMGW-PIB, Warszawa
12. Sztobryn M., Stigge H-J., 2005, Wezbrania sztormowe wzdłuż południowego Bałtyku (zachodnia i środkowa część), IMGW, Warszawa
13. Raport z wykonania MZP i MRP wraz z załącznikami (2013, KZGW)
14. „Metodyka obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka (2010, IMGW O Morski w Gdyni, Urząd Morski w Gdyni)

15. Uszczegółowienie „Metodyki obliczania maksymalnych poziomów wody o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla wybrzeża oraz ujściowych odcinków rzek będących pod wpływem oddziaływania morza w celu wykorzystania wyników do modelowania hydrodynamicznego, a następnie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka (2015, IMGW)
16. Raport w sprawie: Założeń do wykonania obliczeń zasięgu zagrożenia powodziowego o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% (raz na 100 lat) od strony morza i morskich wód wewnętrznych dla obszaru Miasta Świnoujście (IMGW, 2015)
17. SIWZ na wykonanie usługi Przegląd i aktualizacja map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego realizowanej przez Prezesa KZGW w ramach projektu POIS.02.01.00-00-0013/16
18. Metodyka opracowania map zagrożenia powodziowego (2009, KZGW)
19. Metodyka opracowania map ryzyka powodziowego (2009, KZGW)
20. Raport z zakończenia realizacji zadania 1.3.2 – Przygotowanie danych hydrologicznych w zakresie niezbędnym do modelowania hydraulicznego
21. Raport w sprawie: Założeń do wykonania obliczeń zasięgu zagrożenia powodziowego o prawdopodobieństwie przekroczenia 1% (raz na 100 lat) od strony morza i morskich wód wewnętrznych dla obszaru Miasta Świnoujście
22. Rozporządzenie Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego (Dz.U. 2013 poz. 104)
23. Coastal Engineering Manual, (2004). Chapter VI Design of Coastal Project Elements, Department of the Army U.S. Army Corps of Engineers.
24. Die Küste, (2007). Archive For Research And Technology On the North Sea And Baltic Coast. Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual.
25. Poradnik Hydrotechnika (1992) pod redakcją S. Massela. Wydawnictwo Morskie Gdańsk
26. XBeach Model Description and Manual, (2010). Unesco-IHE Institute for Water Education, Deltares and Delft University of Technology.
- 27.