

Egz. 1

ZADANIE:

Inwentaryzacja, ocena i koncepcja modernizacji elementów systemu biernej ochrony przeciwpowodziowej Warszawy od strony rzeki Wisły i jej dopływów.

ZAKRES:

II. Ocena stanu budowli i urządzeń przeciwpowodziowych	Załącznik II.T
T. wał prawy rzeki Wisły, wał Gołędzinowski	

ZAMAWIAJĄCY:

*Miasto Stołeczne Warszawa
Plac Bankowy 3/5
00-950 Warszawa*

TYTUŁ OPRACOWANIA:

Ocena stanu technicznego budowli i urządzeń przeciwpowodziowych biernej ochrony przeciwpowodziowej Warszawy od strony rzeki Wisły i jej dopływów – wał Gołędzinowski.

Umowa nr: ZMW/88/2016/13/PP/C z dnia 05.04.2016 r.

OPRACOWALI:

mgr inż. Zbigniew Bartosik	uprawnienia budowlane nr WA-54/90 uprawnienia budowlane nr MAZ/0004/PBH/17 kwalifikacje hydrologiczne nr 02/2004
mgr inż. Sylwester Rukść	uprawnienia budowlane nr LUB/0114/ZOOK/05
dr inż. Jakub Batory	kwalifikacje hydrologiczne nr 08/2007
inż. Radosław Pietrykowski	

Spis treści

1.	PODSTAWA OPRACOWANIA	4
2.	CEL I ZAKRES OPRACOWANIA	4
3.	WYKORZYSTANE MATERIAŁY	4
4.	PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE OBIEKTU I URZĄDZEŃ WAŁOWYCH	5
4.1.	CHARAKTERYSTYKA OBSZARU CHRONIONEGO	5
4.2.	KLASA OBWAŁOWANIA	6
4.3.	PRZEBIEG TRASY OBWAŁOWANIA	7
4.4.	NIWELETA KORONY WAŁU	8
4.5.	CHARAKTERYSTYCZNE PRZEKROJE OBWAŁOWANIA	12
4.6.	GŁÓWNE BUDOWLE WAŁOWE	17
5.	DANE HYDROLOGICZNE I HYDRAULICZNE	19
5.1.	POZIOM WÓD WIELKICH MIARODAJNYCH I KONTROLNYCH, WODY ŚREDNIEJ ROCZNEJ, POZIOMY OSTRZEGAWCZE I ALARMOWE	19
5.2.	PRZEPŁYWY MIARODAJNE I KONTROLNE	20
5.3.	ZAOBSERWOWANE STANY I PRZEPŁYWY W OKRESACH WEZBRAŃ	20
5.4.	INNE ZJAWISKA HYDROLOGICZNE	21
6.	EKSPLOATACJA OBIEKTU ZE ZWRÓCENIEM SZCZEGÓLNEJ UWAGI NA OKRES PRZEJŚCIA FAL POWODZIOWYCH	22
6.1.	OKRES BUDOWY I ROZBUDOWY OBWAŁOWANIA	22
6.2.	ŹRÓDŁA INFORMACJI DOTYCZĄCYCH EKSPLOATACJI	22
6.3.	PODSTAWOWE PROBLEMY PODCZAS DOTYCHCZASOWEJ EKSPLOATACJI ..	22
6.3.1.	Analiza protokołów z przeglądów obwałowania	22
6.3.2.	Inwentaryzacja przesieków, przebieg hydraulicznych, odkształceń korpusu i podłoża	23
6.3.3.	Stosowane doraźne i trwałe sposoby zabezpieczenia przed ujemnymi zjawiskami w czasie piętrzenia wód	23
6.3.4.	Ocena pracy obwałowania i budowli wałowych w okresie piętrzenia	23
7.	POMIARY ORAZ BADANIA SPECJALISTYCZNE	23
7.1.	POMIARY GEODEZYJNE	23
7.2.	PRACE INWENTARYZACYJNE	23
7.3.	BADANIA GEOTECHNICZNE	24
7.3.1.	Charakterystyka terenu badań	24
7.3.2.	Zakres wykonanych badań	26
7.3.3.	Wyniki badań	26
7.3.4.	Wnioski	33
7.4.	OBLICZENIA PARAMETRÓW FILTRACYJNYCH I STATECZNOŚCI OBWAŁOWANIA DLA CHARAKTERYSTYCZNYCH PRZEKROJÓW	34
7.4.1.	Obliczenia filtracyjne	35
7.4.2.	Obliczenia stateczności	43
7.5.	OPIS STANU INNYCH ELEMENTÓW MAJĄCYCH WPŁYW NA STAN I BEZPIECZEŃSTWO OBWAŁOWAŃ	51
7.5.1.	Kolizje z infrastrukturą techniczną	51
7.5.2.	Drogi dojazdowe	53
8.	OCENA STANU TECHNICZNEGO	54
8.1.	PRZEBIEG TRASY OBWAŁOWANIA	54
8.2.	STAN MIĘDZYWAŁA I ZAWALA	54
8.3.	KORPUS I PODŁOŻE	56
8.4.	BUDOWLE I URZĄDZENIA WAŁOWE	59

8.5. URZĄDZENIA ODWADNIAJĄCE ZAWALE	60
8.6. PODSUMOWANIE OCENY I OKREŚLENIE MIEJSC SZCZEGÓLNEGO ZAGROŻENIA	60
9. WNIOSKI DOTYCZĄCE POTRZEBY MODERNIZACJI OBWAŁOWANIA.....	61
10. DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA OCENIANEGO OBWAŁOWANIA.....	62
11. CZĘŚĆ GRAFICZNA	70

1. PODSTAWA OPRACOWANIA

Opracowanie wykonane zostało przez Specjalistyczną Pracownię Projektową „WAGA-BART” Zbigniew Bartosik z Warszawy, ul. Wojciechowskiego 37/4, 02-495 Warszawa, na zlecenie Miasta Stołecznego Warszawa, Plac Bankowy 3/5, 00-950 Warszawa. Podstawę prawną realizacji zlecenia stanowi umowa Nr ZMW/88/2016/13/PP/C zawarta w dniu 05.04.2016 r.

2. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Opracowanie stanowi załącznik II. T oceny stanu technicznego budowli i urządzeń przeciwpowodziowych, w tym wałów przeciwpowodziowych i innych ziemnych elementów systemu ochrony przeciwpowodziowej oraz budowli wałowych Warszawy od strony rzeki Wisły i jej dopływów, obejmujący prawy wał rzeki Wisły, wał Gołędzinowski. Celem opracowania jest dokonanie oceny stanu technicznego wału Gołędzinowskiego.

W ramach opracowania dokonano oceny:

- geometrii obwałowania,
- stanu korpusu i podłoża,
- stanu budowli wałowych,
- bezpiecznego wzniesienia korony obwałowania,
- filtracji przez korpus i podłoże obwałowania,
- stateczności skarp obwałowania.

3. WYKORZYSTANE MATERIAŁY

Dla opracowania niniejszego rozdziału korzystano z następujących materiałów i przepisów:

1. Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 86 z 2007 r. poz. 579)
2. Wykonanie pomiarów, badań i ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa wałów przeciwpowodziowych stanowiących własność Skarbu Państwa. Wał prawy rzeki Wisły [dł. 4,490 km] Wał Gołędzinowski, Warszawa od km 0+000 do km 4+490, km rzeki 515+800 – 520+300. IMGW Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa grudzień 2016 r.
3. Wytyczne wykonania ocen stanu technicznego i bezpieczeństwa wałów przeciwpowodziowych. M. Borys, K. Mosiej, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty 2003 r.

4. Wytyczne wykonywania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego i stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę. IMiGW Państwowy Instytut Badawczy Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Warszawa – Katowice 2015 r.
5. Wały przeciwpowodziowe – wytyczne instruktażowe projektowania. Biuletyn informacyjny – Melioracje rolne z. 2-3, 1982.
6. Koncepcja programowo – przestrzenna zagospodarowania doliny i regulacji Wisły na odcinku Warszawskim, od ujścia Pilicy do ujścia Narwi (od km 456,8 do km 550,9). Hydroprojekt Warszawa sp. z o.o. 1998 r.
7. Niwelacja korony wałów i urządzeń wodnych pełniących funkcję wałów przeciwpowodziowych wraz z oceną spełniania wymogów bezpieczeństwa przy przepływie wielkich wód, Politechnika Warszawska 2010 r.
8. Powódź w maju i czerwcu 2010 r. na warszawskim odcinku Wisły. P. Kuźniar. Gospodarka Wodna, z 2 2011 r.
9. Przepływy maksymalne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia i odpowiadające im rzędne zwierciadła wody rzek Wisły i Jeziorki w wybranych profilach wodowskazowych. IMGW, Warszawa 2017 r.
10. Atlas Hydrologiczny Polski. IMGW, Warszawa 1986 r.
11. Informator nawigacyjny. RZGW, Warszawa 2009 r.
12. Historyczne i współczesne warunki przepływu wód wielkich Wisły w Warszawie. A. Magnuszewski, M. Gutry-Korycka, Z. Mikulski. Gospodarka Wodna, z.1 2012 r.

4. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE OBIEKTU I URZĄDZEŃ WAŁOWYCH

4.1. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU CHRONIONEGO

Wg rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 86 z 2007 r. Poz. 579) obszar chroniony to obszar, który przed obwałowaniem ulegał zatopieniu wodami o prawdopodobieństwie 1%. Obszar został wyznaczony na podstawie map zagrożenia powodziowego ISOK scenariusz całkowitego zniszczenia obwałowania.

Zgodnie z mapami zagrożenia powodziowego obwałowanie objęte oceną chroni prawobrzeżną dolinę Wisły położoną pomiędzy Kanałem Żerańskim km Wisły 415,45 a mostem Gdańskim km Wisły 416,67. Powierzchnia chroniona wynosi 61,6 ha. Obszar chroniony jest podzielony na dwie części: część dolną teren EC Żerań, część górną dolina pomiędzy mostem Grota Roweckiego i mostem Gdańskim. Całkowita długość obwałowania 4,46 km. Obwałowanie chroni dzielnicę Białołęka, w tym tereny należące do EC Żerań oraz dzielnicę Pragę Północ m. st. Warszawy.

Podstawowe dane charakteryzujące obszar chroniony obwałowaniem, opracowane na podstawie map ryzyka powodziowego ISOK, zamieszczono poniżej.

1. Użytkowanie terenu chronionego

- tereny zabudowy mieszkaniowej – 5,5 ha,
- tereny przemysłowe – 15 ha,
- tereny rekreacyjno – wypoczynkowe – 7,2 ha,
- tereny komunikacyjne - 14,7 ha,
- użytki zielone – 17,7 ha.

2. Budynki na terenie chronionym

- ilość budynków – 17 szt.,
- budynki mieszkalne – 9 szt.,
- budynki mieszkalne wielorodzinne – 9 szt.,
- szkoły – 4 szt.,
- policja – 4szt.,

3. Liczba osób zameldowanych – 730.

4. Drogi.

- długość całkowita dróg – 8,7 km,
- długość dróg o nawierzchni ulepszonej – 8,7km,
- długość dróg krajowych – 0,6 km,

5. Koleje.

- długość linii kolejowych – 1,1 km,.

6. Ujęcia wody – 1 szt.

7. Obiekty ochrony przyrody

- Natura 2000 – 1 szt.
- powierzchnia całkowita 0,02 ha.

8. Straty powodziowe – 64,5 mln zł.

Obszary chronione naniesiono na załącznik graficzny nr 1 danych wstępnych stanowiących załącznik II A opracowania.

4.2. KLASA OBWAŁOWANIA

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 86 z 2007 r, poz, 579) w załączniku 2 wskazuje, że budowle przeznaczone do ochrony przeciwpowodziowej nie mogą być zaliczone do klasy niższej niż I, jeżeli ich zniszczenie może mieć katastrofalne skutki dla aglomeracji i zabytków oraz zakładów przemysłowych o podstawowym znaczeniu dla gospodarki.

Biorąc pod uwagę charakterystykę obszaru chronionego pkt. 4.1, wał Gołędzinowski powinien spełniać wymagania klasy I. Zarządcą obwałowania jest Miasto Stołeczne Warszawa. W kartach ewidencyjnych obiektu wał zaklasyfikowano do I klasy ważności.

4.3. PRZEBIEG TRASY OBWAŁOWANIA

Początek i koniec obwałowania oraz przebieg ewidencyjnej trasy wału na odcinkach, gdzie nie występuje nasyp określono na podstawie protokołu przekazania środka trwałego Wał Gołędzinowski z dnia 30.04.2015 r.

Długość prawego wału rzeki Wisły, wału Gołędzinowskiego wynosi 4,46 km, od km 0+000 do km 4+460, od Mostu Gdańskiego do wału „B” Portu Żerańskiego. Lokalizacja obwałowania wg kilometrażu biegu rzeki od km 419+667 do km 415+454 wg ISOK i km 515+500 do km 520+030 wg IMGW. Obwałowanie przebiega przez dzielnice Praga Północ i Białołęka m. st. Warszawy.

Wał w km 0+000 bierze początek od nasypu ulicy Zatylniej. Trasa wału biegnie równolegle do brzegu rzeki, za wyjątkiem odcinka w rejonie mostu Grota Roweckiego, gdzie oś ewidencyjnego wału zbliża się do rzeki omijając nasyp Trasy Toruńskiej.

Międzywale do mostu Grota Roweckiego stanowi teren odkryty porośnięty pojedynczymi drzewami i krzewami. Poniżej mostu międzywale stanowi teren pokryty drzewami i gęstymi zakrzaczeniami. Od km 0+000 – 2+500 odległość wału od koryta rzeki wynosi od 150 – 200 m. Od km 2+500 ewidencyjna oś wału biegnie wzdłuż skarpy wysokiego brzegu omijając nasyp Trasy Toruńskiej. W rejonie mostu Grota Roweckiego km 3+100 – 3+200 odległość ewidencyjnego wału od linii wody wynosi ok. 60 m. Następnie oś wału oddala się od koryta rzeki i od km 3+600 – 4+400 biegnie równolegle do linii brzegu w odległości ok. 150 m. W km 4+400 wał dochodzi do kładki przechodzącej nad Kanałem Żerańskim i portem zimowisko. Trasa wału biegnie częściowo po wjeździe na kładkę i następnie zmienia kierunek biegnąc na wschód wzdłuż Kanału Żerańskiego. W km 4+460 wał łączy się z wałem „B” Portu Żerańskiego. Szerokość doliny zalewowej na odcinku przedmiotowego wału wynosi od ok. 450 m (w rejonie mostu Gdańskiego) do 800 m.

Od km 0+000 – 0+127 (rejon mostu Gdańskiego) teren międzywala jest na tym samym poziomie co korona wału. Od km 0+000 – 0+012 oś wału przecina ul. Zatylną. Od km 0+012 oś wału poprowadzona została po ulicy Wybrzeże Puckie. Od km 0+127 poziom międzywala się obniża i nasyp wału w terenie staje się widoczny. Do km 2+500 oś wału biegnie po ul. Wybrzeże Puckie. Od km 2+500 oś wału oddala się od ulicy biegnąc wzdłuż wysokiego brzegu, a teren zawala zrównuje się lub przewyższa poziom wału. Od km 2+693 nasyp wału w terenie zanika. Oś wału biegnie wzdłuż wysokiego brzegu omijając nasyp drogi Trasy Toruńskiej i w km 3+124 – 3+170 przechodzi pod przęsłem mostu Grota Roweckiego. Następnie do km 3+610 oś wału biegnie wzdłuż wysokiego brzegu. Od km 3+610 bierze początek nasyp wału ochraniający teren EC Żerań, który w km 4+460 łączy się z wałem Portu Żerańskiego.

Na zawalu od km 0+012 – 1+600 położone są ogródki działkowe. Od km 1+600 – 2+900 na zawalu znajdują się dawne tereny FSO, w tym tor do jazd próbnych. Od km 2+900 – 3+600 oś wału biegnie wzdłuż terenów funkcjonalnie związanych z mostem Grota Roweckiego. Od km 3+600 – 4+460 na zawalu, bezpośrednio przy wale położone są tereny EC Żerań.

Trasę obwałowania naniesiono na mapie poglądowej załącznik graficzny nr 1 i mapie zasadniczej załącznik graficzny nr 2.

4.4. NIWELETA KORONY WAŁU

Zgodnie z rozporządzeniem [1] dla klasy I woda miarodajna odpowiada stanowi wody o $p=0,5\%$, woda kontrolna odpowiada stanowi wody o $p=0,1\%$. Bezpieczne wzniesienie korony obwałowania powinno wynosić 1,3 m ponad poziom wody miarodajnej i 0,3 m ponad poziom wody kontrolnej.

Wymaganą rzędną obwałowania sprawdzono w 62 przekrojach dla poziomu wód obliczonych na podstawie modelu ISOK oraz na podstawie modelu skalibrowanego na powódź 2010 r. Wyniki obliczeń zamieszczono w poniższej tabeli.

Tabela 1 Wzniesienie korony wałów nad zwierciadło wody miarodajnej i kontrolnej wraz z wymaganymi rzędnymi korony

Nr przekroju	Lokalizacja przekroju [km wału]	Rzędne wód dla Q_m i Q_k wg. ISOK		Rzędne wód dla Q_m i Q_k wg. modelu Waga-Bart		Rzędna korony wału	Sprawdzenie warunku wyniesienia korony dla Q_m i Q_k wg. ISOK			Sprawdzenie warunku wyniesienia korony dla Q_m i Q_k wg. modelu Waga-Bart			Brakująca wysokość wyniesienia w stosunku do:	
		$Q_{miarodajny} p-0.5\%$	$Q_{kontrolny} p-0.1\%$	$Q_{miarodajny} p-0.5\%$	$Q_{kontrolny} p-0.1\%$		$Q_{miarodajny} <1.3$	$Q_{kontrolny} <0.3$	Spełnienie warunku	$Q_{miarodajny} <1.3$	$Q_{kontrolny} <0.3$	Spełnienie warunku	$Q_{miarodajny} <1.3$	$Q_{kontrolny} <0.3$
PG1	0+039	84.22	85.11	84.31	85.2	85.86	1.64	0.75	TAK	1.55	0.66	TAK		
PG2	0+127	84.2	85.09	84.29	85.18	84.86	0.66	-0.23	NIE	0.57	-0.32	NIE	0.73	0.62
PG3	0+225	84.2	85.09	84.27	85.17	84.86	0.66	-0.23	NIE	0.59	-0.31	NIE	0.71	0.61
PG4	0+272	84.19	85.08	84.26	85.16	85.27	1.08	0.19	NIE	1.01	0.11	NIE	0.29	0.19
PG5	0+317	84.19	85.08	84.26	85.15	85.27	1.08	0.19	NIE	1.01	0.12	NIE	0.29	0.18
PG6	0+412	84.18	85.07	84.24	85.14	85.19	1.01	0.12	NIE	0.95	0.05	NIE	0.35	0.25
PG7	0+435	84.18	85.07	84.23	85.13	85.30	1.12	0.23	NIE	1.07	0.17	NIE	0.23	0.13
PG8	0+507	84.17	85.06	84.22	85.12	85.47	1.3	0.41	TAK	1.25	0.35	NIE	0.05	
PG9	0+576	84.16	85.06	84.2	85.1	85.54	1.38	0.48	TAK	1.34	0.44	TAK		
PG10	0+602	84.15	85.05	84.19	85.09	85.45	1.3	0.4	TAK	1.26	0.36	NIE	0.04	
PG11	0+697	84.14	85.04	84.18	85.08	85.38	1.24	0.34	NIE	1.2	0.3	NIE	0.10	0.00
PG12	0+792	84.14	85.04	84.16	85.06	85.39	1.25	0.35	NIE	1.23	0.33	NIE	0.07	
PG13	0+887	84.12	85.02	84.13	85.03	85.42	1.3	0.4	TAK	1.29	0.39	NIE	0.01	
PG14	0+982	84.07	84.97	84.08	84.97	85.46	1.39	0.49	TAK	1.38	0.49	TAK		
PG15	1+040	84.05	84.95	84.05	84.94	85.51	1.46	0.56	TAK	1.46	0.57	TAK		
PG16	1+077	84.03	84.93	84.03	84.92	85.46	1.43	0.53	TAK	1.43	0.54	TAK		
PG17	1+172	83.96	84.86	83.94	84.84	85.19	1.23	0.33	NIE	1.25	0.35	NIE	0.05	
PG18	1+268	83.87	84.77	83.84	84.74	85.12	1.25	0.35	NIE	1.28	0.38	NIE	0.02	
PG19	1+362	83.84	84.74	83.81	84.71	84.88	1.04	0.14	NIE	1.07	0.17	NIE	0.23	0.13
PG20	1+400	83.83	84.73	83.8	84.7	84.79	0.96	0.06	NIE	0.99	0.09	NIE	0.31	0.21
PG21	1+457	83.82	84.72	83.79	84.69	84.89	1.07	0.17	NIE	1.1	0.2	NIE	0.20	0.10
PG22	1+552	83.8	84.7	83.77	84.67	84.86	1.06	0.16	NIE	1.09	0.19	NIE	0.21	0.11
PG23	1+647	83.79	84.68	83.76	84.65	84.81	1.02	0.13	NIE	1.05	0.16	NIE	0.25	0.14
PG24	1+742	83.77	84.66	83.74	84.63	84.89	1.12	0.23	NIE	1.15	0.26	NIE	0.15	0.04

Nr przekroju	Lokalizacja przekroju [km wału]	Rzędne wód dla Qm i Qk wg. ISOK		Rzędne wód dla Qm i Qk wg. modelu Waga-Bart		Rzędna korony wału	Sprawdzenie warunku wyniesienia korony dla Qm i Qk wg. ISOK			Sprawdzenie warunku wyniesienia korony dla Qm i Qk wg. modelu Waga-Bart			Brakująca wysokość wyniesienia w stosunku do:	
		Q _{miarodajny} p-0.5%	Q _{kontrolny} p-0.1%	Q _{miarodajny} p-0.5%	Q _{kontrolny} p-0.1%		Q _{miarodajny} <1.3	Q _{kontrolny} <0.3	Spełnienie warunku	Q _{miarodajny} <1.3	Q _{kontrolny} <0.3	Spełnienie warunku	Q _{miarodajny} <1.3	Q _{kontrolny} <0.3
PG25	1+837	83.75	84.64	83.72	84.61	84.98	1.23	0.34	NIE	1.26	0.37	NIE	0.04	
PG26	1+923	83.74	84.63	83.71	84.6	85.01	1.27	0.38	NIE	1.3	0.41	TAK		
PG27	1+932	83.73	84.62	83.7	84.59	84.97	1.24	0.35	NIE	1.27	0.38	NIE	0.03	
PG28	2+027	83.72	84.61	83.69	84.58	85.22	1.5	0.61	TAK	1.53	0.64	TAK		
PG29	2+122	83.69	84.58	83.66	84.55	85.03	1.34	0.45	TAK	1.37	0.48	TAK		
PG30	2+217	83.67	84.56	83.64	84.53	84.84	1.17	0.28	NIE	1.2	0.31	NIE	0.10	
PG31	2+312	83.65	84.54	83.62	84.51	84.72	1.07	0.18	NIE	1.1	0.21	NIE	0.20	0.09
PG32	2+407	83.63	84.52	83.6	84.49	84.85	1.22	0.33	NIE	1.25	0.36	NIE	0.05	
PG33	2+503	83.61	84.5	83.58	84.47	84.91	1.3	0.41	TAK	1.33	0.44	TAK		
PG34	2+515	83.61	84.5	83.58	84.47	84.68	1.07	0.18	NIE	1.1	0.21	NIE	0.20	0.09
PG35	2+597	83.59	84.48	83.56	84.45	84.97	1.38	0.49	TAK	1.41	0.52	TAK		
PG36	2+693	83.57	84.46	83.54	84.43	83.96	0.39	-0.5	NIE	0.42	-0.47	NIE	0.88	0.77
PG37	2+788	83.55	84.43	83.51	84.4	83.86	0.31	-0.57	NIE	0.35	-0.54	NIE	0.95	0.84
PG38	2+883	83.49	84.37	83.45	84.34	83.96	0.47	-0.41	NIE	0.51	-0.38	NIE	0.79	0.68
PG39	2+980	83.43	84.32	83.4	84.28	84.15	0.72	-0.17	NIE	0.75	-0.13	NIE	0.55	0.43
PG40	3+075	83.38	84.27	83.35	84.23	84.16	0.78	-0.11	NIE	0.81	-0.07	NIE	0.49	0.37
PG41	3+119	83.35	84.24	83.32	84.2	84.26	0.91	0.02	NIE	0.94	0.06	NIE	0.36	0.24
PG41a	3+171	83.33	84.21	83.29	84.18	84.32	0.99	0.11	NIE	1.03	0.14	NIE	0.27	0.16
PG41b	3+255	83.29	84.16	83.25	84.12	84.26	0.97	0.1	NIE	1.01	0.14	NIE	0.29	0.16
PG42	3+280	83.28	84.14	83.24	84.11	84.20	0.92	0.06	NIE	0.96	0.09	NIE	0.34	0.21
PG43	3+352	83.24	84.09	83.2	84.06	84.06	0.82	-0.03	NIE	0.86	0	NIE	0.44	0.30
PG44	3+448	83.2	84.04	83.16	84	84.46	1.26	0.42	NIE	1.3	0.46	TAK		
PG45	3+541	83.2	84.05	83.17	84.02	84.66	1.46	0.61	TAK	1.49	0.64	TAK		
PG46	3+638	83.21	84.06	83.18	84.03	85.16	1.95	1.1	TAK	1.98	1.13	TAK		
PG47	3+670	83.21	84.06	83.18	84.04	85.39	2.18	1.33	TAK	2.21	1.35	TAK		

Nr przekroju	Lokalizacja przekroju [km wału]	Rzędne wód dla Qm i Qk wg. ISOK		Rzędne wód dla Qm i Qk wg. modelu Waga-Bart		Rzędna korony wału	Sprawdzenie warunku wyniesienia korony dla Qm i Qk wg. ISOK			Sprawdzenie warunku wyniesienia korony dla Qm i Qk wg. modelu Waga-Bart			Brakująca wysokość wyniesienia w stosunku do:	
		Q _{miarodajny} p-0.5%	Q _{kontrolny} p-0.1%	Q _{miarodajny} p-0.5%	Q _{kontrolny} p-0.1%		Q _{miarodajny} <1.3	Q _{kontrolny} <0.3	Spełnienie warunku	Q _{miarodajny} <1.3	Q _{kontrolny} <0.3	Spełnienie warunku	Q _{miarodajny} <1.3	Q _{kontrolny} <0.3
PG48	3+734	83.21	84.06	83.19	84.04	85.41	2.2	1.35	TAK	2.22	1.37	TAK		
PG49	3+829	83.21	84.07	83.2	84.06	85.41	2.2	1.34	TAK	2.21	1.35	TAK		
PG50	3+883	83.21	84.07	83.2	84.06	85.05	1.84	0.98	TAK	1.85	0.99	TAK		
PG51	3+924	83.2	84.06	83.2	84.06	85.37	2.17	1.31	TAK	2.17	1.31	TAK		
PG52	4+019	83.2	84.06	83.2	84.05	85.44	2.24	1.38	TAK	2.24	1.39	TAK		
PG53	4+048	83.2	84.06	83.2	84.05	85.01	1.81	0.95	TAK	1.81	0.96	TAK		
PG54	4+114	83.17	84.03	83.18	84.04	85.44	2.27	1.41	TAK	2.26	1.4	TAK		
PG55	4+211	83.16	84.01	83.16	84.02	85.36	2.2	1.35	TAK	2.2	1.34	TAK		
PG56	4+270	83.15	84	83.15	84.01	85.39	2.24	1.39	TAK	2.24	1.38	TAK		
PG57	4+309	83.14	83.99	83.15	84.01	85.36	2.22	1.37	TAK	2.21	1.35	TAK		
PG58	4+380	83.13	83.98	83.13	83.99	85.38	2.25	1.4	TAK	2.25	1.39	TAK		
PG59	4+430	83.12	83.97	83.13	83.99	84.96	1.84	0.99	TAK	1.83	0.97	TAK		
PG60	4+439	83.12	83.97	83.12	83.98	84.89	1.77	0.92	TAK	1.77	0.91	TAK		

Z powyższego zestawienia wynika, że wymagania stawiane I klasie ważności budowli, pod względem bezpiecznego wyniesienia korony na długości 2700 m nie są spełnione. Sytuacja dotyczy wału powyżej mostu Grota Roweckiego oraz brzegu w rejonie mostu Grota Roweckiego. Niweletę korony z obliczonymi poziomami wód naniesiono na profil podłużny załącznik graficzny nr 3 i przekroje poprzeczne załączniki graficzne nr 4.

4.5. CHARAKTERYSTYCZNE PRZEKROJE OBWAŁOWANIA

Podstawowe parametry przekrojów poprzecznych wału, zamieszczone w poniższej tabeli, określono na podstawie pomiarów geodezyjnych w 62 przekrojach obwałowania.

Tabela 2 Parametry przekroju poprzecznego wału w poszczególnych przekrojach

Nr przekroju	Lokalizacja przekroju [km wału]	Szerokość korony [m]	Nachylenie skarpy odwodnej [1:n]	Nachylenie skarpy odpowietrznej [1:n]	Wysokość wału [m]	Uwagi	nawierzchnia korony	rzędna korony w najwyższym miejscu
PG1	0+039	-	-	1:2	2.34	międzywale wyrównane z poziomem wału, ul. Wybrzeże Puckie	plyty betonowe / asfalt / darnina	85.96
PG2	0+127	-	-	1:2.1	4.4	międzywale wyrównane z poziomem wału, ul. Wybrzeże Puckie	plyty betonowe / asfalt / darnina	85.06
PG3	0+225	23.4	1:2.7	1:1.6	3.60	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / asfalt / darnina	84.82
PG4	0+272	21.4	1:2.1	1:1.9	3.92	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / asfalt / darnina	85.27
PG5	0+317	21.3	1:2.1	1:1.6	4.18	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	85.27
PG6	0+412	15.2	1:2.3	1:1.5	4.12	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	85.19
PG7	0+435	15.2	1:2.4	1:2	4.58	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	85.3
PG8	0+507	17.4	1:2.1	1:1.6	4.1	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	85.47
PG9	0+578	14.7	1:2.1	1:4	4.23	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	85.54

Nr przekroju	Lokalizacja przekroju [km wału]	Szerokość korony [m]	Nachylenie skarpy odwodnej [1:n]	Nachylenie skarpy odpowietrznej [1:n]	Wysokość wału [m]	Uwagi	nawierzchnia korony	rzędna korony w najwyższym miejscu
PG10	0+602	16.1	1:2.1	1:1.6	4.10	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	płyty betonowe / darnina	85.45
PG11	0+697	13.7	1:2.2	1:1.4	4.00	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 3.0 m	płyty betonowe / darnina	85.38
PG12	0+792	13.2	1:2.1	1:1.8	4.70	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 2.9 m	płyty betonowe / darnina	85.39
PG13	0+887	12.6	1:2.3	1:1.7	4.30	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 3.5 m	płyty betonowe / darnina	86.42
PG14	0+982	12.1	1:2.2	1:1.5	4.3	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 3.0m	płyty betonowe / darnina	85.46
PG15	1+040	12.3	1:2.3	1:1.8	4.08	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 2.9m	płyty betonowe / darnina	85.51
PG16	1+077	12.7	1:2.3	1:1.6	4.23	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 2.7m	płyty betonowe / darnina	85.46
PG17	1+172	12.9	1:2.1	1:1.5	4.73	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 3.1m	płyty betonowe / darnina	85.19
PG18	1+268	13.1	1:2.3	1:1.9	4.1	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 3.1m	płyty betonowe / darnina	85.12
PG19	1+362	13.7	1:2.3	1:1.9	4.70	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 2.4m, od strony odwodnej wjazd	płyty betonowe / darnina	84.88
PG20	1+400	13.9	1:2.1	1:2	4.42	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 2.7m	płyty betonowe / darnina	84.79

Nr przekroju	Lokalizacja przekroju [km wału]	Szerokość korony [m]	Nachylenie skarpy odwodnej [1:n]	Nachylenie skarpy odpowietrznej [1:n]	Wysokość wału [m]	Uwagi	nawierzchnia korony	rzędna korony w najwyższym miejscu
PG21	1+457	13.3	1:2.2	1:2.6	4.68	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	84.89
PG22	1+552	14.7	1:1.9	1:2.0	5.32	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 1.8m	plyty betonowe / darnina	84.86
PG23	1+647	13.5	1:2.3	1:2.7	4.55	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	84.81
PG24	1+742	16.7	1:2.4	1:1.7	5.4	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 6.3m	plyty betonowe / darnina	84.89
PG25	1+837	13.5	1:2.1	1:1.9	5.21	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 3.5m	plyty betonowe / darnina	84.98
PG26	1+923	11.5	1:2.5	1:2.3	5.21	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 3.3m	plyty betonowe / darnina	85.01
PG27	1+932	14	1:2.1	1:1.8	4.67	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	84.97
PG28	2+027	12.1	1:2.2	1:2.7	5.13	ul. Wybrzeże Puckie po koronie, od strony odpowietrznej ławka szer. 5.4m, na skarpie i ławce tor jazdy próbnej FSO	plyty betonowe / darnina	85.22
PG29	2+122	10.9	1:2.2	1:2.1	4.21	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	85.03
PG30	2+217	14.5	1:2.1	1:2.5	5.15	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	84.84
PG31	2+312	12.9	1:2.2	1:1.8	3.90	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	84.72
PG32	2+407	11.4	1:2.1	1:2	4.60	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	84.85
PG33	2+503	17.2	1:1.9	1:2.2	5.05	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	plyty betonowe / darnina	84.91

Nr przekroju	Lokalizacja przekroju [km wału]	Szerokość korony [m]	Nachylenie skarpy odwodnej [1:n]	Nachylenie skarpy odpowietrznej [1:n]	Wysokość wału [m]	Uwagi	nawierzchnia korony	rzędna korony w najwyższym miejscu
PG34	2+515	18.5	1:2	1:2.7	4.63	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	płyty betonowe / darnina	84.68
PG35	2+597	28.2	1:2.1	1:2.1	4.74	ul. Wybrzeże Puckie po koronie	płyty betonowe / darnina	84.97
PG36	2+693	-	1:2.3	-	4.64	zawale wyrównane z poziomem wału	darnina	83.96
PG37	2+788	-	1:2.5	-	3.9	zawale wyrównane z poziomem wału	darnina	83.86
PG38	2+883	-	1:1.9	-	4.44	zawale wyrównane z poziomem wału	darnina	83.96
PG39	2+980	-	1:2.0	-	6.33	zawale wyrównane z poziomem wału	darnina	84.15
PG40	3+075	-	1:2.2	-	6.3	zawale wyrównane z poziomem wału, skarpa umocniona płytami bet.	darnina	84.16
PG41	3+119	-	1:2.1	-	6	zawale wyrównane z poziomem wału, skarpa umocniona płytami bet.	darnina	84.26
PG41a	3+171	-	1:2.2	-	6.21	zawale wyrównane z poziomem wału, skarpa umocniona płytami bet.	darnina	84.32
PG41b	3+255	-	1:2.3	-	6.2	zawale wyrównane z poziomem wału, skarpa umocniona płytami bet.	darnina	84.26
PG42	3+280	-	1:3.1	-	4.45	zawale wyrównane z poziomem wału	darnina	84.2
PG43	3+352	-	1:2.8	-	4.5	zawale wyrównane z poziomem wału	darnina	84.06
PG44	3+448	-	1:2.8	-	5	zawale wyrównane z poziomem wału	darnina	84.46
PG45	3+541	-	1:2.4	-	4.2	zawale wyrównane z poziomem wału	darnina	84.66
PG46	3+638	13.4	1:1.9	-	4.5	od strony odpowietrznej mur oporowy	asfalt / darnina	85.16
PG47	3+670	5.4	1:2.3	1:2.4	3.83		asfalt / darnina	85.37

Nr przekroju	Lokalizacja przekroju [km wału]	Szerokość korony [m]	Nachylenie skarpy odwodnej [1:n]	Nachylenie skarpy odpowietrznej [1:n]	Wysokość wału [m]	Uwagi	nawierzchnia korony	rzędna korony w najwyższym miejscu
PG48	3+734	18.1	1:3.5	1:2.3	3.6		asfalt / darnina	85.41
PG49	3+829	16.7	1:3.7	1:1.9	3.9		asfalt / darnina	85.41
PG50	3+883	4.6	1:2.3	1:2.2	4.32		asfalt / darnina	85.05
PG51	3+924	4.9	1:2.2	1:1.9	4.16		asfalt / darnina	85.37
PG52	4+019	4.6	1:2.1	1:1.9	4.22		asfalt / darnina	85.44
PG53	4+048	4.6	1:2.3	1:1.8	3.96		asfalt / darnina	85.01
PG54	4+114	5.1	1:2.3	1:1.5	3.74		asfalt / darnina	85.44
PG55	4+211	4.8	1:1.9	1:1.6	4.16		asfalt / darnina	85.36
PG56	4+270	4.9	1:2.1	1:1.7	3.47		asfalt / darnina	85.39
PG57	4+309	7.4	1:2.4	1:1.6	2.39		asfalt / darnina	85.36
PG58	4+380	12.1	1:3.0	1:3.6	2.4		asfalt / darnina	85.38
PG59	4+430	5.3	1:1.7	1:1.9	2.9		darnina	84.96
PG60	4+439	5.0	1:2.4	1:2.1	2.37		darnina	84.89

Podstawowe charakterystyki przekroju poprzecznego wału wynoszą:

- średnie nachylenie skarpy odwodnej – 1:2,3,
- średnie nachylenie skarpy odpowietrznej 1:2,0 ,
- średnia szerokość korony wału – 13,0 m,
- średnia wysokość wału – 4,40 m,
- minimalne nachylenie skarpy odwodnej – 1:3,7,
- minimalne nachylenie skarpy odpowietrznej – 1:4,0,
- minimalna szerokość korony wału – 4,6 m,
- minimalna wysokość wału – 2,34 m,
- maksymalne nachylenie skarpy odwodnej – 1:1,7,

- maksymalne nachylenie skarpy odpowietrznej – 1:1,4,
- maksymalna szerokość korony wału – 28,2 m,
- maksymalna wysokość wału – 6,33 m.

Przekroje obwałowania stanowią załączniki graficzne nr 4.

Poniżej scharakteryzowano odcinki obwałowania, ze względu na szerokość korony, umocnienia, drogę eksploatacyjną i usytuowanie nasypu:

- 0+000 – 0+012 – ul. Zatylna, nawierzchnia asfaltowa,
- 0+012 – 0+127 - międzywale wyrównane poziomem z wałem, oś wału poprowadzona po ul. Wybrzeże Puckie, na ulicy nawierzchnia z płyt betonowych i asfaltowa,
- 0+127 – 0+379 – średnia szerokość korony 22,0 m, na koronie ul. Wybrzeże Puckie nawierzchnia z płyt betonowych i asfaltowa,
- 0+379 – 0+640 – średnia szerokość korony 15,7 m, na koronie ul. Wybrzeże Puckie nawierzchnia z płyt betonowych,
- 0+640 – 2+060 - średnia szerokość korony 13,3 m, na koronie ul. Wybrzeże Puckie nawierzchnia z płyt betonowych, od strony odpowietrznej ławka średnia szerokość 3,3 m,
- 2+060 – 2+693 - średnia szerokość korony 16,2 m, na koronie ul. Wybrzeże Puckie nawierzchnia z płyt betonowych,
- 2+693 – 3+011 – zawale wyrównane poziomem z wałem,
- 3+011 – 3+270 – zawale wyrównane poziomem z wałem, skarpa umocniona płytami betonowymi,
- 3+270 – 3+610 – zawale wyrównane poziomem z wałem,
- 3+610 – 4+380 – średnia szerokość korony 8,2 m, na koronie nawierzchnia asfaltowa,
- 4+380 – 4+404 – wjazd na kładkę Żerańską, nawierzchnia betonowa szerokość 3,5 m,
- 4+404 – 4+460 – średnia szerokość korony 5,2 m.

4.6. GŁÓWNE BUDOWLE WAŁOWE

W poniższej tabeli zamieszczono zestawienie budowli wałowych. Rozdział opracowano na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji i mapy do celów projektowych.

Tabela 3 Zestawienie budowli wałowych

Lp.	Kilometr wału	Rodzaj budowli	Opis
Przejazdy i wjazdy wałowe			
1	0+100	Wjazd	Wjazd międzywale. Nawierzchnia płyty betonowe, szerokość 3,0 m. Rzędna korony 85,17. Wjazd z terenu podniesionego od strony Wisły.
2	0+114	Wjazd	Wjazd zawale. Nawierzchnia asfalt szerokość 4,3 m. Rzędna korony

Lp.	Kilometr wału	Rodzaj budowli	Opis
			85,01. Spadek 1:15.
3	0+146	Wjazd	Wjazd międzywale. Nawierzchnia żwirowa, szerokość 3,5 m. Rzędna korony 84,86. Spadek 1:40.
4	0+312	Wjazd	Wjazd międzywale, gruntowy, szerokość 3,2 m. Rzędna korony 85,27. Spadek 1:5.
5	0+379	Wjazd	Wjazd zawale. Nawierzchnia asfalt szerokość 6,0 m. Rzędna korony 85,22. Spadek 1:17.
6	0+608	Wjazd	Wjazd zawale. Nawierzchnia płyty betonowe szerokość 3,0 m. Rzędna korony 85,45. Spadek 1:9.
7	1+349	Wjazd	Wjazd międzywale, gruntowy, szerokość 4,0 m. Rzędna korony 84,91. Spadek 1:7.
8	2+210	Wjazd	Wjazd międzywale, gruntowy, szerokość 3,0 m. Rzędna korony 84,85. Spadek 1:12.
9	2+819	Wjazd	Wjazd międzywale, gruntowy, szerokość 3,5 m. Rzędna korony 83,89. Spadek 1:9.
10	3+581	Wjazd	Wjazd zawale, gruntowy, szerokość 4,0 m. Rzędna korony 84,87. Wjazd z terenu podniesionego EC Żerań.
11	4+308	Wjazd	Wjazd międzywale, gruntowy, szerokość 4,0 m. Rzędna korony 85,36. Spadek 1:5.
12	4+380 – 4+404	Wjazd	Wjazd z korony na kładkę Żerańską. Nawierzchnia betonowa rz. korony wału 85,38. Spadek 1:40.
Schody wałowe			
13	0+197	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,2 m
14	0+302	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,2 m
15	0+513	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,2 m
16	0+737	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,2 m (na ławę przywałową)
17	0+761	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m
18	0+846	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m (na ławę przywałową)
19	0+955	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m (na ławę przywałową)
20	1+066	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m (na ławę przywałową)
21	1+271	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m
22	1+274	Schody	Schody betonowe skarpa odwodna szer. 1,0 m
23	1+282	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m (na ławę przywałową)
24	1+504	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m
25	1+533	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m
26	1+724	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m
27	1+936	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m
28	2+075	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m
29	2+262	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m
30	2+451	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m
31	2+544	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m
32	3+124	Schody	Schody betonowe skarpa odwodna szer. 2,0 m
33	3+170	Schody	Schody betonowe skarpa odwodna szer. 2,0 m

Lokalizację budowli wałowych naniesiono na mapie zasadniczej załącznik graficzny nr 2 i profilu podłużnym załącznik graficzny nr 3.

5. DANE HYDROLOGICZNE I HYDRAULICZNE

Szczegółowy opis obliczeń hydrologicznych i hydraulicznych zawarto w załączniku II A. Poniżej zawarto dane hydrologiczne i hydrauliczne dla rzeki Wisły na odcinku wału Gołędzinowskiego.

5.1. POZIOM WÓD WIELKICH MIARODAJNYCH I KONTROLNYCH, WODY ŚREDNIEJ ROCZNEJ, POZIOMY OSTRZEGAWCZE I ALARMOWE

Poziomy wód wielkich określono w dwóch wariantach. Dla warunków gdzie poziom wody w Wiśle obliczony został modelem skalibrowanym na powódź 2010 r. oraz dla warunków gdzie poziom wody w Wiśle obliczony został modelem ISOK.

Dane dotyczące poziomów wód zamieszczono w poniższej tabeli.

Tabela 4 Poziom wód wielkich miarodajnych i kontrolnych rzeka Wisła km 415+400 – 419+711

km rzeki	Rzędna zw miarodajnej $Q_{0,5\%}$ wg. modelu Waga-Bart [m npm Kr86]	Rzędna zw kontrolnej $Q_{0,1\%}$ wg. modelu Waga-Bart [m npm Kr86]	Rzędna zw miarodajnej $Q_{0,5\%}$ wg. ISOK [m npm Kr86]	Rzędna zw kontrolnej $Q_{0,1\%}$ wg. ISOK [m npm Kr86]
415.4	83.11	83.97	83.11	83.96
415.72	83.18	84.04	83.17	84.03
416	83.2	84.06	83.21	84.07
416.355	83.16	84	83.2	84.04
416.564	83.29	84.18	83.33	84.21
416.59	Most Grota-Roweckiego			
416.618	83.32	84.2	83.35	84.24
416.93	83.52	84.41	83.56	84.44
417.45	83.65	84.54	83.68	84.57
417.84	83.74	84.63	83.77	84.66
418.24	83.82	84.72	83.85	84.75
418.45	84.01	84.9	84.02	84.92
418.73	84.15	85.05	84.13	85.03
418.985	84.19	85.09	84.15	85.05
419.28	84.25	85.15	84.19	85.08
419.54	84.29	85.18	84.2	85.09
419.711	84.32	85.2	84.22	85.1

Poziomy wód miarodajnych i kontrolnych wniesiono na profil wału załącznik graficzny nr 3.

Tabela 5 Stany i poziomy wód średnich dla poszczególnych profili wodowskazowych

Rzeka	Wodowskaz	km Wisły	Stany i poziomy charakterystyczne	
			SSW [cm]	SSW [m n.p.m. Kr 86]
Wisła	Warszawa Nadwilanówka	430+570	383	80,42
Wisła	Warszawa	421+800	237	78,36

Tabela 6 Stany i poziomy alarmowe i ostrzegawcze dla poszczególnych profili wodowskazowych

Rzeka	Wodowskaz	km Wisły	Stan alarmowy [cm]	Poziom alarmowy [m n.p.m. Kr 86]	Stan ostrzegawczy [cm]	Poziom ostrzegawczy [m n.p.m. Kr 86]
Wisła	Warszawa Nadwilanówka	430+570	800	84,59	750	84,09
Wisła	Warszawa	421+800	650	82,49	600	81,99

5.2. PRZEPŁYWY MIARODAJNE I KONTROLNE

Dla I klasy ważności przepływem miarodajnym jest przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,5$ %. Przepływem kontrolnym jest przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,1$ %. Poniżej zamieszcza się informacje o wielkości przepływów miarodajnych i kontrolnych.

Tabela 7 Przepływy miarodajne i kontrolne dla Wisły w profilu wodowskazowym Warszawa-Nadwilanówka km 430+570 [9]

Rodzaj przepływu	Prawdopodobieństwo przewyższenia $p[\%]$	Wartość przepływu $Q_{\max,p} [m^3/s]$	Górne ograniczenie przedziału ufności dla $P_{\alpha}=0,84$ $Q^{(\alpha)}_{\max,p} [m^3/s]$
Miarodajny	0,5	7960	8780
Kontrolny	0,1	9670	10750

5.3. ZAOBSERWOWANE STANY I PRZEPŁYWY W OKRESACH WEZBRAŃ

W 1997 r. i 2010 r. Wisłą w Warszawie przeszły fale powodziowe. Poziomy wód i przepływy dla powodzi 1997 r. podano w „Koncepcji...” [6], a dla powodzi 2010 r. w „Niwelacja korony wałów ...” [7] i „Powódź w maju i czerwcu 2010 r. ...” [8].

Tabela 8 Stany i przepływy w okresach wezbrań rzeki Wisły

Rok	Przepływ $[m^3/s]$	Poziom wody km 415+454 [mnpm Kr86]	Poziom wody km 419+667 [mnpm Kr86]
1997	4170	80,45	82,00
2010	6160	81,99	83,29

W pracy „Historyczne i współczesne warunki przepływu wód wielkich Wisły w Warszawie”[12] podano charakterystyki historycznych powodzi w Warszawie w profilu wodowskazowym Port Praski. Poniżej tabela z najwyższymi stanami i przepływami podczas historycznych powodzi w Warszawie, dane zaczerpnięte z pracy „Historyczne i współczesne warunki przepływu wód wielkich Wisły w Warszawie”[12].

Tabela 9 Najwyższe stany Wisły w Warszawie w profilu Port Praski km 421+800 w latach 1813 – 2010 i odpowiadające im natężenia przepływu

Stan wody [cm]	Rzędna zwierciadła wody [m n.p.m. Kr 86]	Rok wystąpienia	Rodzaj powodzi R – roztopowa O – opadowa	Przepływ [m ³ /s]
863	84,62	1844	O	8250
808	84,07	1813	O	7430
800	83,99	1867	O	-
794	83,93	1855	R	-
791	83,90	1839	O	-
787	83,86	1960	O	5650
780	83,79	1962	O	5520
777	83,76	2010	O	5899
776	83,75	1891	R	-
776	83,75	1903	O	-
772	83,71	1845	O	-
770	83,69	1884	O	-
760	83,59	1947	R	-
758	83,57	1924	R	5860
755	83,54	1838	R	-
750	83,49	1889	R	-
749	83,48	1934	O	5460
728	83,27	1980	O	4720
706	83,05	2001	O	4780
658	82,57	2005	R	-
646	82,45	1997	O	4170

Przepływy powodzi z 1844 i 1813 obliczono za pomocą modelu CCHE2D

5.4. INNE ZJAWISKA HYDROLOGICZNE

Poniżej podano charakterystyczne daty wystąpienia i czas trwania zjawisk lodowych na rzece Wiśle wodowskaz Warszawa, podane w Atlasie hydrologicznym Polski [10].

Tabela 10 Charakterystyczne daty wystąpienia i czas trwania zjawisk lodowych

Rzeka	Wodowskaz	Daty pojawiania się		Daty zaniku		Czas trwania (dni)		Max. obserwowana grubość pokrywy lodowej
		zjawisk lodowych najwc.	pokrywy lodowej najwc.	pokrywy lodowej napóźn.	zjawisk lodowych napóźn.	pokrywy lodowej max.	zjawisk lodowych max.	
Wisła	Warszawa	3.11	20.12	12.03	5.04	71	123	45

Zatory na Wiśle tworzą się przy wysokich i przy niskich stanach wód (Atlas hydrologiczny Polski [10]). W pracy „Historyczne i współczesne warunki przepływu wód wielkich Wisły w Warszawie”[12] za Kowalskim (1999) podano aktualne miejsca w korycie Wisły narażone na tworzenie zatorów, które występują w:

- km RZGW 480 – 484 (poniżej Góry Kalwarii),
- km RZGW 487 -491 (między Karczewem i ujściem Świdra),
- km RZGW 496 (Sobienie Jeziory),

- km RZGW 502 (Zawady),
- km RZGW 520 – 522,5 (ujście Kanału Żerańskiego - Bielany),
- km RZGW 529 – 539 (Łomianki Dolne – Skierdy),
- km RZGW 544-547 (Czosnów Polski – Kazuń Polski),
- km RZGW 549 – 550 (miedzy mostem w Nowym Dworze a ujściem Narwi).

W pracy [12] autorzy zwracają uwagę na wybitnie zatorogenny charakter Wisły Środkowej. W Warszawie istnieje możliwość utrzymywania koryta wolnego od lodu, przez odprowadzanie do rzeki podgrzanych wód z elektrociepłowni. Wpływ zrzutu wód z elektrociepłowni sięga km 534 RZGW (rejon Rajszewa).

W 1924 przez Wisłę w Warszawie przeszła roztopowa fala wezbraniowa. Powódź w Warszawie spowodował zator powstały w km 541 RZGW (rejon Jabłonnej). Przerwane zostały wały w Burakowie i Jabłonie, a spiętrzona woda zalała Czerniaków.

6. EKSPLOATACJA OBIEKTU ZE ZWRÓCENIEM SZCZEGÓLNEJ UWAGI NA OKRES PRZEJŚCIA FAL POWODZIOWYCH

6.1. OKRES BUDOWY I ROZBUDOWY OBWAŁOWANIA

Obwałowanie zostało wykonane w 1961 roku.

6.2. ŹRÓDŁA INFORMACJI DOTYCZĄCYCH EKSPLOATACJI

Informację na temat eksploatacji uzyskano z ocen stanu technicznego, w tym:

- Protokół z komisijnego przeglądu urządzeń zabezpieczających przed powodzią na terenie Warszawy w związku z przejściem fal wezbraniowych w maju i czerwcu 2010 r. dokonanego 30 czerwca – 2 lipca 2010 roku.
- Protokół z kontroli okresowej pięcioletniej obiektu budowlanego z dnia 06.12.2016 r. Prawy wał rzeki Wisły w km wału 0+000 – 4+490, w km rzeki 515+800 – 520+300.
- Ocena stanu technicznego wału prawy rzeki Wisły [dł. 4,490 km) Wał Gołędzinowski km rzeki 515+800 – 520+300, grudzień 2016.

6.3. PODSTAWOWE PROBLEMY PODCZAS DOTYCHCZASOWEJ EKSPLOATACJI

6.3.1. Analiza protokołów z przeglądów obwałowania

W ocenie stan techniczny wału stan techniczny obwałowania oceniono jako dostateczny, a stan bezpieczeństwa obiektu określono jako stan niezagrażający bezpieczeństwu z następującymi uwagami:

- przeprowadzić prace techniczne likwidujące wszelkie kolizje w skarpach i koronie jak zadrzewienie oraz budowle techniczne dla podpór rurociągów,
- przeprowadzić konserwację schodów w km 0+631 oraz remont schodów w km 1+856,

- wykonać drogę technologiczną km 2+993 do km 3+442.

6.3.2. Inwentaryzacja przesiąków, przebić hydraulicznych, odkształceń korpusu i podłoża

Po przejście fali w 2010 r. nie stwierdzono wystąpienia zjawisk mogących zagrażać bezpieczeństwu obiektu.

6.3.3. Stosowane dorażne i trwałe sposoby zabezpieczenia przed ujemnymi zjawiskami w czasie piętrzenia wód

Wg uzyskanych informacji nie stosowano dorażnych i trwałych sposobów zabezpieczenia przed ujemnymi zjawiskami w czasie piętrzenia wód.

6.3.4. Ocena pracy obwałowania i budowli wałowych w okresie piętrzenia

Przejęcie fali w 2010 r. nie spowodowało wystąpienia zjawisk mogących zagrażać bezpieczeństwu obiektu.

7. POMIARY ORAZ BADANIA SPECJALISTYCZNE

7.1. POMIARY GEODEZYJNE

Pomiary geodezyjne wykonane zostały przez geodetę mgr inż. Stanisława Skubiszewskiego nr upr 6337/90. W ramach pomiarów wykonano aktualizację mapy zasadniczej, pomiary przekrojów poprzecznych wału 62 sztuk, pomiary budowli wałowych i kolizji. Mapy zasadnicze stanowią załącznik I B opracowania.

7.2. PRACE INWENTARYZACYJNE

Prace inwentaryzacyjne polegające na wizji terenowej wykonane zostały przez pracowników pracowni. Podczas oględzin wału szczególną uwagę zwracano na stan skarp i korony oraz terenów zlokalizowanych w sąsiedztwie nasypu (pas 50 metrowej szerokości po obu stronach wału). Efektem prac inwentaryzacyjnych jest:

- lokalizacja oraz ocena stanu budowli wałowych,
- lokalizacja odcinków wału gdzie w pasie trzy metrowym od stopy skarp oraz na skarpach porastają krzewy i drzewa,
- lokalizacja odcinków wału gdzie w trzy metrowym pasie od stopy wału zaobserwowano prowadzenie prac uprawowych przez rolników,
- lokalizacja odcinków wału gdzie w okresie wezbrań od strony odpowietrznej obserwuje się występowanie wysąceń oraz stagnowanie wody na powierzchni terenu.
- bogata dokumentacja fotograficzna.

7.3. BADANIA GEOTECHNICZNE

Szczegółowy opis badań geotechnicznych zawarto w załączniku I.C.2.i. „Opinia geotechniczna prawego wału Wisły - wału Gołędzinowskiego od km 0+000 do km 4+460, km rzeki Wisły wg ISOK od 415+454 do 419+667”. Poniżej zawarto najważniejsze informacje z w/w opinii.

7.3.1. Charakterystyka terenu badań

Obszar badań zlokalizowany jest w obrębie prawego wału przeciw powodziowego rzeki Wisły, umiejscowionego na terenie miasta Warszawy. Pod względem morfologicznym obszar znajduje się na terasie zalewowej Wisły. Pobliskie obszary zajmują ogrody działkowe, osiedle o zabudowie jednorodzinnej, tereny elektrociepłowni oraz obszary zielone.

Według fizycznogeograficznej regionalizacji Polski teren badań położony jest w obrębie :

Kotliny Warszawskiej (318.73) – mezoregionu stanowiącego najniższą (57-78 m n.p.m.) część Niziny Środkowomazowieckiej, obejmującej rozszerzenie doliny rzeki Wisły u zbiegu dolin środkowej Wisły, Bugu, Narwi i Bzury. Sąsiaduje z wyżej położonymi równinami denudacyjnymi: Kutnowską, Łowicko-Błońską, Warszawską i Wołomińską. Mezoregion ten tworzą tarasy rzeczne zbudowane z osadów aluwialnych głównie piaszczysto-pyłastych z płatami osadów organicznych zalegających na osadach czwartorzędowych. Na jej terenie można wydzielić dwa typy krajobrazu: terasów zalewowych, głównie łąkowo-rolny oraz nadzalewowych terasów piaszczystych z wydrami, przeważnie zalesiony. Północny wschód kotliny u zbiegu Narwi i Bugu przegrodzony jest zaporą, spiętrzającą wody Jeziora Zegrzyńskiego.

Powierzchnia terenu pod względem hipsometrycznym jest zróżnicowana. Deniwelacje w obrębie zbadanego obszaru przekraczają 10,0 m, a rzędne otworów wahają się między 77,26 m n. p. m. a 85,37 m n. p. m.

W podłożu czwartorzędowym w rejonie badanego obszaru dominują holocenyckie grunty rzeczne oraz antropogeniczne grunty nasypowe. Odnotowano także holocenyckie grunty zastoiskowe, grunty organiczne oraz plejstocenyckie osady limniczne. Wierceniami do głębokości 3,0 – 10,0 m p.p.t. zbadano jedynie stropową partię podłoża gruntowego.

Przyjęto następującą klasyfikację gruntów:

- **holocenyckie** – grunty antropogeniczne (Q_{hn}), grunty organiczne (Q_{hh}), grunty zastoiskowe (Q_{hl}), grunty rzeczne (Q_{hf});
- **plejstocenyckie** – grunty limniczne (Q_{pl}).

W skład holocenu wchodzi:

Grunty antropogeniczne (Q_{hn}) – na badanym obszarze reprezentowane są przez:

- **nasypy budowlane** dominują w otworach wykonanych w korpusie wału. Uformowane są głównie z gruntów piaszczystych wszystkich frakcji, często o dużym stopniu

zapylenia i zaglinienia, oraz piasków gliniastych i pyłów, lokalnie glin, glin pylastych i pyłów piaszczystych. Ze względu na specyfikę prowadzonych prac oraz wykorzystanie miejscowych gruntów do wykonania wału, granica między antropogenicznymi nasypami a gruntami rodzimymi jest trudna do wydzielenia.

- **nasypy niekontrolowane** nawiercono głównie w obrębie wału, oraz otworach z nim sąsiadujących. Tworzą je mieszaniny gruntów rodzimych (piaski różnych frakcji, grunty spoiste i organiczne), z licznymi domieszkami antropogenicznymi takimi jak gruz, żużle i popioły. Do tych gruntów włączono także pyły z elektrofiltrów i popioły z elektrociepłowni odnotowane w okolicach otworów nr PG38/XV/K – PG42/XVII/K, a według badań laboratoryjnych zaliczane do piasków gliniastych i pyłów piaszczystych.

Grunty organiczne (Qhh) – reprezentowane są przez grunty próchniczne (glebę i piaski próchniczne), odnotowane od poziomu terenu i niewielkiej miąższości, oraz namuły piaszczyste, namuły, namuły gliniaste i pylaste oraz torfy.

Grunty zastoiskowe (Qhl) – zaliczono do nich piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły, gliny, gliny pylaste oraz ropy piaszczyste odnotowane w dużej części wykonanych otworów w postaci warstw i soczewek zalegających wśród utworów piaszczystych oraz bezpośrednio poniżej gruntów antropogenicznych, bądź humusu. Ich miąższość zazwyczaj jest niewielka. Spąg tych gruntów w części otworów nie został przewiercony. Ich występowanie związane jest z akumulacją osadów w środowisku wodnym o niewielkiej energetyczności przepływu.

Grunty fluwialne (Qhf) – na badanym obszarze reprezentowane są przez rodzime grunty niespoiste: piaski pylaste, piaski drobne, piaski średnie, piaski grube oraz pospółki. W obrębie serii gruntów rzecznych spotykane są domieszki i przewarstwienia osadów zastoiskowych, kamieni oraz gruntów organicznych. Osady te występują powszechnie na badanym terenie, rozpoznano je w większości punktów badawczych. Tworzą ciągłe serie o znacznych miąższościach.

W skład plejstocenu wchodzi:

Grunty limniczne (Qpl) – reprezentowane są przez ropy, ropy piaszczyste oraz gliny pylaste zwięzłe technicznie wykształcone jako ropy. Odnotowane zostały jedynie w 7 otworach badawczych w przekrojach od PG11/IV do PG29/XII, oraz w otworach archiwalnych. Spągu gruntów nie przewiercono.

Warunki hydrogeologiczne

W trakcie wykonywania prac wiertniczych, w obrębie terenu badań, do głębokości 3,0 - 10,0 m p.p.t. stwierdzono w 51 otworach występowanie wód gruntowych o zwierciadle swobodnym jak i pod naporem ciśnienia hydrostatycznego. Odnotowano również sączenia.

Wody o zwierciadle swobodnym nawiercono w 49 otworach na głębokości 1,4 – 8,0 m p. p. t.

Wody pod ciśnieniem hydrostatycznym nawiercono na głębokości 2,6 – 8,5 m p. p. t., a ustabilizowało się na 2,0 – 5,7 m p. p. t.

Sączenia stwierdzono w dwóch otworach na głębokości 1,8 – 2,1 m p. p. t.

Z racji bliskości dużego cieków wodnych jakim jest rzeka Wisła amplitudę wahań zwierciadła wód gruntowych ocenia się przynajmniej na $\pm 0,5$ m w skali roku.

7.3.2. Zakres wykonanych badań

W celu oceny warunków geotechnicznych występujących w korpusie wału oraz jego podłożu wykonano 92 otwory badawcze oraz 20 sondowań lekką sondą dynamiczną (DPL) i 3 sondowania statyczne CPT. Roboty wiertnicze prowadzono w dniach od 22.02.2017 do 06.03.2017 r. Otwory badawcze wykonywane były z korony wału oraz po obu jego stronach u podstawy wału oraz w międzywałach i zawalach.

Odwiercono 92 otwory badawcze o głębokości od 3,0 m do 10,0 m. Łączny metraż wierceń wynosi 506,0 mb. Podstawowe cechy gruntu takie jak: rodzaj, barwa, wilgotność i stan określano sukcesywnie, w trakcie wierceń, zgodnie z wytycznymi normy PN-86/B-02480. Po zakończonych pracach polowych, otwory badawcze zlikwidowano wydobytym urobkiem z zachowaniem pierwotnych profili geologicznych.

W korpusie wału, w sąsiedztwie otworu badawczego w odległości zapewniającej brak wpływu otworu na wynik badania (1,5 – 2,0 m) wykonano sondowania. Całkowity metraż sondowań (DPL+CPT) wynosi 138 m.

Z racji wykonywania sondowań w koronie wału, przez antropogeniczne grunty nasypowe często z domieszkami gruzów, kamieni, cegieł itp. w punkcie PG40/XVI/K konieczne okazało się wykonanie podwiertu i kontynuowanie sondowania z głębszej głębokości.

7.3.3. Wyniki badań

Podłoże gruntowe terenu badań, do zbadanej głębokości 3,0 – 10,0 m p. p. t. charakteryzują proste oraz złożone warunki gruntowo-wodne. Złożone warunki stwierdzono w rejonie przekrojów PG22/IX/, PG29/XII/, PG31/XIII/, PG40/XVI/, PG42/XVII/, PG56/XXI/ i PG59/XXII/ i spowodowane są występowaniem nienośnych gruntów organicznych znacznej miąższości. Szczególnie w przekroju PG59/XXII/ gdzie spągu tych gruntów nie przewiercono. Z analizy przeprowadzonych wierceń, badań terenowych (badania makroskopowe gruntów, sondowania), oraz badań laboratoryjnych na zbadanym terenie, można wydzielić pięć serii litologiczno-genetycznych. Zostały one ujęte w warstwy geotechniczne. Dla warstw geotechnicznych podano charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych określone na podstawie badań makroskopowych, badań laboratoryjnych i sondowań metodami A, B i C wg p. 3.2. PN-81/B-03020. Jako cechę wyróżniającą dla gruntów niespoistych przyjęto stopień zagęszczenia - ID, oraz wskaźnik skonsolidowania β , a dla gruntów spoistych stopień plastyczności - IL. Pod względem konsolidacji grunty serii III oraz warstw VH-VJ należą do grupy C, natomiast serii I do grupy D (wg p. 1.4.6 PN-81/B-03020).

Charakterystyka wydzielonych serii i warstw geotechnicznych

- I seria – ły (Qpl i Qhl)

Na zespół tych osadów składają się grunty mineralne rodzime spoiste, związane z działalnością płytkich zbiorników wodnych. W obrębie zbadanego terenu seria ta reprezentowana jest przez ły i ły piaszczyste zaliczane do gruntów bardzo spoistych, oraz gliny pylaste zwięzłe zaliczane do gruntów zwięzło spoistych. Wskaźnik skonsolidowania dla gruntów serii wynosi $\beta = 0,80$.

Ze względu na różnice wilgotności, a co za tym idzie wartości stopnia plastyczności wydzielono dwie warstwy geotechniczne:

- **IA** reprezentowana jest przez mało wilgotne ły i gliny pylaste zwięzłe w stanie twardoplastycznym, o charakterystycznej przyjętej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,10$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,00 - 0,10$.

- **IB** reprezentowana jest przez mało wilgotne ły piaszczyste w stanie twardoplastycznym, o charakterystycznej przyjętej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,20$. Grunty tej warstwy odnotowano jedynie w otworach archiwalnych.

- II seria – osady piaszczyste (Qhf)

Na zespół tych osadów składają się grunty mineralne rodzime nie spoiste. W obrębie zbadanego terenu seria ta reprezentowana jest przez piaski pylaste, piaski drobne, piaski średnie, piaski grube oraz pospółki z licznymi domieszkami i przewarstwieniami gruntów zastoiskowych, organicznych oraz kamieni. Wskaźnik skonsolidowania dla tych gruntów wynosi $\beta = 0,80$ (piaski pylaste, piaski drobne), $\beta = 0,90$ (piaski średnie i piaski grube) oraz $\beta = 1,00$ (pospółki).

Różnice wykształcenia litologicznego, oraz wartości stopnia zagęszczenia były podstawą do podziału na warstwy geotechniczne:

- **IIA** – reprezentowana jest przez wilgotne, średnio zagęszczone pospółki. Są to utwory o przyjętej charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,50$.

- **IIB** – reprezentowana jest przez piaski średnie. Są to utwory mało wilgotne i wilgotne, w stanie zagęszczonym, o obliczonej na podstawie sondowań dynamicznych charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,70$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,68 - 0,77$.

- **IIC** – włączono do niej piaski średnie oraz piaski grube. Są to utwory mało wilgotne, wilgotne i nawodnione w stanie średnio zagęszczonym, o obliczonej na podstawie sondowań dynamicznych charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,60$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,50 - 0,67$. Warstwa charakteryzuje się wartością współczynnika materiałowego $1 \pm 0,13$.

- **IID** – włączono do niej piaski średnie oraz piaski grube. Są to utwory wilgotne i

nawodnione w stanie średnio zagęszczonym, o obliczonej na podstawie sondowań dynamicznych charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,44$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,40 - 0,48$. Warstwa charakteryzuje się wartością współczynnika materiałowego $1 \pm 0,06$.

- **IIE** – należą do niej piaski drobne. Są to utwory wilgotne w stanie zagęszczonym, o obliczonej na podstawie sondowań dynamicznych charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,70$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,68 - 0,74$.

- **IIF** – tworzą ją piaski pylaste oraz piaski drobne. Są to utwory mało wilgotne, wilgotne i nawodnione, w stanie średnio zagęszczonym, o obliczonej na podstawie sondowań dynamicznych charakterystycznej wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,57$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,50 - 0,66$. Warstwa charakteryzuje się wartością współczynnika materiałowego $1 \pm 0,12$.

- **IIG** – reprezentowana jest przez piaski drobne. Są to utwory wilgotne i nawodnione w stanie średnio zagęszczonym, o obliczonej na podstawie sondowań dynamicznych wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,42$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia zagęszczenia $I_D^{(n)} = 0,40 - 0,46$.

- III seria – osady zastoiskowe (Qhl)

Na zespół tych osadów składają się grunty mineralne rodzime spoiste, związane z akumulacją w środowisku wodnym o niskiej energetyczności przepływu. Do tej serii włączono gliny pylaste, gliny i gliny piaszczyste zaliczane do gruntów średnio spoistych, oraz pyły, pyły piaszczyste i piaski gliniaste zaliczane do gruntów mało spoistych. Wskaźnik skonsolidowania dla tych gruntów wynosi $\beta = 0,60$.

Różnice wilgotności, a co za tym idzie wartości stopnia plastyczności były podstawą do podziału na warstwy geotechniczne:

- **IIIA** – są to mało wilgotne pyły piaszczyste, pyły i gliny pylaste w stanie twardoplastycznym, o charakterystycznej przyjętej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,10$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,05 - 0,10$.

- **IIIB** – włączono do niej mało wilgotne piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły, gliny piaszczyste, gliny i gliny pylaste w stanie twardoplastycznym, o charakterystycznej przyjętej wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,20$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,15 - 0,20$.

- **IIIC** – reprezentowana jest przez wilgotne, plastyczne pyły piaszczyste i pyły. Charakterystyczna przyjęta wartości stopnia plastyczności tej warstwy wynosi $I_L^{(n)} = 0,35$. W obrębie warstwy występują grunty z przedziału wartości stopnia plastyczności $I_L^{(n)} = 0,25 - 0,35$.

- IV seria – osady organiczne (Qhh)

Reprezentowane są przez grunty rodzime organiczne, o genezie związanej z akumulacją w środowisku wodnym – namuły, namuły pylaste, namuły piaszczyste i namuły

gliniaste. Są to grunty ściśliwe, klasyfikowane jako nienośne i z tego powodu nie mogą stanowić bezpośredniego podłoża robót budowlanych. Zgodnie z normą PN-81/B-03020 dla w/w gruntów nie wyznaczono parametrów geotechnicznych, gdyż traktowane są jako nienośne.

- V seria – grunty antropogeniczne (Qhn)

Na zespół nasypów składają się grunty mineralne antropogeniczne nie spoiste i spoiste. W obrębie zbadanego terenu seria ta reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z piasków drobnych, piasków średnich, piasków gliniastych, pyłów piaszczystych, pyłów, glin, glin pylastych i glin zwięzłych, oraz z nasypów niekontrolowanych utworzonych z mieszaniny gruntów rodzimych i antropogenicznych domieszek takich jak żużle, popioły i gruz. Do wykonania nasypów wykorzystano grunty miejscowe.

Różnice składu nasypów, oraz wartości wskaźnika zagęszczenia były podstawą do podziału na warstwy geotechniczne:

- **VA** – reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z piasków średnich. Są to utwory charakteryzujące się wartością wskaźnika zagęszczenia z przedziału $I_s^{(n)} = 0,98 - 1,00$.

- **VB** – reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z piasków średnich. Są to utwory charakteryzujące się wartością wskaźnika zagęszczenia z przedziału $I_s^{(n)} = 0,94 - 0,98$. Wartości współczynnika filtracji obliczone wzorem empirycznym dla piasków średnich wchodzących w skład nasypów wynoszą od $k = 1,29 \times 10^{-4}$ [m/s] do $k = 2,18 \times 10^{-4}$ [m/s].

- **VC** – reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z piasków średnich. Są to utwory charakteryzujące się wartością wskaźnika zagęszczenia z przedziału $I_s^{(n)} = 0,90 - 0,94$. Wartości współczynnika filtracji obliczone wzorem empirycznym dla piasków średnich wchodzących w skład nasypów wynoszą od $k = 1,06 \times 10^{-4}$ [m/s] do $k = 8,47 \times 10^{-5}$ [m/s].

- **VD** – reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z piasków średnich. Są to utwory charakteryzujące się wartością wskaźnika zagęszczenia z przedziału $I_s^{(n)} = 0,90 - 0,91$.

- **VE** – reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z piasków drobnych. Są to utwory charakteryzujące się wartością wskaźnika zagęszczenia z przedziału $I_s^{(n)} = 0,94 - 0,97$.

- **VF** – reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z piasków drobnych. Są to utwory charakteryzujące się wartością wskaźnika zagęszczenia z przedziału $I_s^{(n)} = 0,91 - 0,94$.

- **VG** – reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z piasków drobnych. Są to utwory charakteryzujące się wartością wskaźnika zagęszczenia z przedziału $I_s^{(n)} = 0,90 - 0,91$.

- **VH** – reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z gruntów spoistych: piasków gliniastych, pyłów piaszczystych i glin. Grunty budujące nasypy charakteryzują się wartością stopnia plastyczności z przedziału wartości $I_L^{(n)} = 0,05 - 0,10$. Wartości współczynnika

filtracji obliczone na podstawie wzorów empirycznych dla gruntów wchodzących w skład nasypów wynoszą od $k = 1,07 \times 10^{-6}$ [m/s] do $k = 4,50 \times 10^{-6}$ [m/s].

- **Vi** – reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z gruntów spoistych: piasków gliniastych, pyłów, glin pylastych i glin zwięzłych. Grunty budujące nasypy charakteryzują się wartością stopnia plastyczności z przedziału wartości $I_L^{(n)} = 0,15 - 0,20$. Wartości współczynnika filtracji obliczone na podstawie wzorów empirycznych dla gruntów wchodzących w skład nasypów wynoszą od $k = 1,07 \times 10^{-6}$ [m/s] do $k = 9,99 \times 10^{-7}$ [m/s].

- **VJ** – reprezentowana jest przez nasypy budowlane utworzone z gruntów spoistych: piasków gliniastych, pyłów i glin zwięzłych. Grunty budujące nasypy charakteryzują się wartością stopnia plastyczności z przedziału wartości $IL^{(n)} = 0,25 - 0,40$.

- **VK** – reprezentowana jest przez nasypy niekontrolowane utworzone z mieszaniny gruntów rodzimych spoistych i niespoistych z domieszkami antropogenicznymi w postaci gruzów, żużli, popiołów itp. Grunty te uznano zostały za nienośne i nie podano dla nich parametrów geotechnicznych. Wartości współczynnika filtracji obliczone na podstawie wzorów empirycznych dla gruntów wchodzących w skład nasypów niekontrolowanych wynoszą od $k = 1,42 \times 10^{-4}$ [m/s] do $k = 9,27 \times 10^{-7}$ [m/s].

Do warstw geotechnicznych nie włączono gruntów próchnicznych występujących od powierzchni terenu.

Parametry geotechniczne gruntów przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 11. Charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych wydzielonych warstw geotechnicznych

CHARAKTERYSTYCZNE WARTOŚCI PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH wg PN-81/B-03020																	
Seria litologiczno-stratygraficzna		Rodzaj gruntu	Rodzaj gruntu: PN-EN 1997-1 Eurokod 7	Symbol (wg pkt. 1.4.6)	Stan gruntu		Wskaźnik zagęszczenia	Wilgotność naturalna [%]	Współczynnik filtracji [k]	Gęstość objętościowa [t/m³]	Parametry wytrzymałościowe				Moduły		Wskaźnik skonsolidowania
Symbol	Nr serii				Stopień zagęszczenia	Stopień plastyczności					Kąt tarcia wewnętrznego [°]	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego* [°]	Spójność [kPa]	Wytrzymałość na ścinanie w warunkach bez odpywu [kPa]	pierwotnego odkształcenia [MPa]	edometryczny ścisłościwości pierwotnej [MPa]	
					$I_D^{(n)}$	$I_L^{(n)}$	$I_S^{(n)}$	$w_n^{(n)}$	m/s	$\rho^{(n)}$	$\Phi_u^{(n)}$	Φ'	$c_u^{(n)}$	S_u	$E_0^{(n)}$	$M_0^{(n)}$	β
Qpl	IA	I, Gnz	Cl, siCl	D	-	0,10	-	27,0	$< 10^{-4}$	2,00	11,7	-	54,34	-	17,30	30,62	0,80
	IB	Ip	saCl			0,20		18,0	$10^{-8}-10^{-6}$	2,10	10,3	-	49,09	-	13,70	24,25	
Qhf/ Qpf	IIA	Po	grSa	-	0,50	-	-	w- 12,0	$>10^{-3}$	w-1,90	38,5	-	-	-	137,55	152,97	1,00
	IIB	Ps,	MSa					mw-4,0 w-12,0	$10^{-4} - 10^{-3}$	mw-1,80 w-1,90	34,2	-	-	-	111,06	132,19	0,90
	IIC	Ps, Pr	MSa, CSa					mw-5,0 w-14,0 nw-22,0	$10^{-4} - 10^{-3}$	mw-1,70 w-1,85 nw-2,00	33,6	-	-	-	94,61	112,31	
	IID	Ps, Pr	MSa, CSa					w-14,0 nw-22,0	$10^{-4} - 10^{-3}$	w-1,85 nw-2,00	32,6	-	-	-	71,91	85,20	
	IIE	Pd	FSa					w-14,0	$10^{-3} - 10^{-4}$	w-1,85	31,4	-	-	-	65,82	88,64	
	IIF	Pd, Pr	FSa, siSa					mw-6,0 w-16,0 nw-24,0	$10^{-6} - 10^{-4}$	mw-1,65 w-1,75 nw-1,90	30,8	-	-	-	52,50	70,44	
	IIG	Pd	FSa					w-16,0 nw-24,0	$10^{-3} - 10^{-4}$	w-1,75 nw-1,90	30,0	-	-	-	39,76	53,24	
Qhl	IIIA	II, Gp, Pp	Si, clSi, saSi	C	-	0,10	-	22,0	$10^{-8} - 10^{-6}$	2,05	16,4	-	22,11	-	26,04	37,20	0,60
	IIIB	II, Pp, Gp, Pg, G	Si, saSi, clSi, clSa, saSiCl, saCl			0,20		22,0	$10^{-8} - 10^{-6}$	2,05	14,8	-	16,96	-	20,58	29,40	
	IIIC	II, Pp	Si, saSi			0,35		24,0	$10^{-8} - 10^{-6}$	2,00	12,4	-	12,4	-	14,90	21,28	
Qhh	IV	Nmx, Nmg, Nmp, T	Or	Grunty ściśliwe, klasyfikowane jako nienośne													
Qhn	VA	nB (Ps)	MSa	-	0,71	-	0,98-1,0	mw-4,0 w-12,0 nw-18,0	$10^{-4} - 10^{-3}$	mw-1,80 w-1,90 nw-2,05	34,3	-	-	-	112,78	134,3	0,90
	VB	nB (Ps)	MSa					mw-5,0 w-14,0 nw-22,0	Od $1,29 \times 10^{-4}$ Do $2,18 \times 10^{-4}$	mw-1,70 w-1,85 nw-2,00	33,6	-	-	-	93,07	110,44	
	VC	nB (Ps)	MSa					mw-6,0 w-14,0 nw-22,0	Od $1,06 \times 10^{-4}$ Do $8,47 \times 10^{-5}$	mw-1,65 w-1,85 nw-2,00	32,6	-	-	-	70,63	83,70	
	VD	nB (Ps)	MSa					mw-5,0 w-16,0 nw-25,0	$10^{-4} - 10^{-3}$	mw-1,70 w-1,80 nw-1,5	31,9	-	-	-	57,78	68,66	

	VE	nB (Pd)	FSa		0,57		0,94-0,97	mw-6,0 w-16,0 nw-24,0	$10^{-5} - 10^{-4}$	mw-1,65 w-1,75 nw-1,90	30,8	-		-	52,50	70,44	0,80
	VF	nB (Pd)	FSa		0,44		0,91-94	mw-6,0 w-16,0 nw-24,0	$10^{-5} - 10^{-4}$	mw-1,65 w-1,75 nw-1,90	30,1	-		-	41,29	55,30	
	VG	nB (Pd)	FSa		0,30		0,90-0,91	mw-7,0 w-19,0 nw-28,0	$10^{-5} - 10^{-4}$	mw-1,60 w-1,70 nw-1,85	29,4	-		-	31,59	42,42	
	VH	nB (Pg, G, Πp)	clSa, sisaCl, saSi	C	-		-	13,0	Od $1,07 \times 10^{-6}$ Do $4,50 \times 10^{-6}$	2,15	16,4	-	22,11	-	26,04	37,20	0,60
	Vi	nB (Pg, Gπ, Π, Gz)	clSa, sisaCl, saSi, sasiCl					13,0	Od $1,07 \times 10^{-6}$ Do $9,99 \times 10^{-7}$	2,15	14,8	-	16,96	-	20,58	29,40	
	VJ	nB (Pg, Π, Gz)	clSa, Si, sasiCl					16,0	$10^{-6} - 10^{-5}$	2,10	11,6	-	10,65	-	13,44	19,20	
	VK	nN	-					Grunty klasyfikowane jako nienośne									

mw – grunty mało wilgotne, w – grunty wilgotne, nw – grunty nawodnione

wartości pogrubione - parametry obliczone metodą „A”

* - parametry obliczone na podstawie analizy sondowań CPT

** - obliczona wartość współczynnika materiałowego γ_m wg. pkt. 3.2 PN-81/B-03020; w pozostałych przypadkach należy przyjąć wartość $1 \pm 0,10$.

Od $1,07 \times 10^{-6}$ Do $4,50 \times 10^{-6}$ - wartości współczynnika filtracji obliczone na podstawie wzoru empirycznego USBSC – Amerykańskiego, w pozostałych przypadkach wartość podana na podstawie literatury (Pazdro Z., „Hydrogeologia ogólna” Wydanie III uzupełnione, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1983 r.)

7.3.4. Wnioski

1. Podłoże gruntowe terenu badań, do zbadanej głębokości 3,0 – 10,0 m p. p. t. charakteryzują **proste** oraz **złożone warunki gruntowo-wodne**.
2. Złożone warunki stwierdzono w rejonie przekrojów PG22/IX/, PG29/XII/, PG31/XIII/, PG40/XVI/, PG42/XVIII/, PG56/XXI/ i PG59/XXII/ i spowodowane są występowaniem nienośnych gruntów organicznych znacznej miąższości. Szczególnie w przekroju PG59/XXII/, gdzie spągu tych gruntów nie przewiercono.
3. Projektowaną inwestycję zaliczono do II kategorii geotechnicznej.
4. Zbadane grunty zostały ujęte w warstwy geotechniczne. Wyznaczono dla nich charakterystyczne wartości parametrów geotechnicznych, które winny stać się podstawą do obliczeń statycznych przy projektowaniu.
5. Grunty serii I-II, oraz warstw IIIA-IIIB charakteryzują się korzystnymi parametrami geotechnicznymi.
6. Grunty warstwy IIIC cechują się obniżonymi parametrami geotechnicznymi, ze względu na swój plastyczny stan występowania.
7. Grunty nasypowe warstw VA-VB i VE posiadają korzystne wartości wskaźnika zagęszczenia.
8. Grunty nasypowe warstw VC-VD i VF-VG posiadają wartości wskaźnika zagęszczenia poniżej $I_s^{(n)} = 0,94$.
9. W trakcie wykonywania prac wiertniczych, w obrębie terenu badań, do głębokości 3,0-10,0 m p.p.t. stwierdzono w 51 otworach występowanie wód gruntowych o zwierciadle swobodnym jak i pod naporem ciśnienia hydrostatycznego. Odnotowano również sączenia. Wody o zwierciadle swobodnym nawiercono na głębokości 1,4 – 8,0 m p. p. t.
10. W przypadku prowadzenia robót ziemnych w obrębie gruntów spoistych należy chronić je przed oddziaływaniem wody.

Na podstawie wykonanych badań wyodrębniono odcinki wału, w których korpus zbudowany jest z gruntów przepuszczalnych i te, w których zbudowanych jest z gruntów nieprzepuszczalnych. Dodatkowo dokonano podziału z uwzględnieniem posadowienia wału na następujących typach podłoża: przepuszczalnym, nieprzepuszczalnym, na cienkiej warstwie madowej oraz na gruntach organicznych i słabonośnych. Wyodrębnione odcinki zestawiono w poniższej tabeli.

Tabela 12 Podział obwałowania na odcinki ze względu na grunty występujące w jego korpusie oraz budowę podłoża pod obwałowaniem

odcinek [km - km]							
korpus przepuszczalny				korpus nieprzepuszczalny			
na podłożu przepuszczalnym	na podłożu nieprzepuszczalnym	na cienkiej warstwie madowej	grunt organiczny i słabonośny w podłożu	na podłożu przepuszczalnym	na podłożu nieprzepuszczalnym	na cienkiej warstwie madowej	grunt organiczny i słabonośny w podłożu
0+000 - 0+200							
		0+200 - 0+350					
0+350 - 1+950			1+500 - 1+630				
		1+950 - 2+250	2+100 - 2+160				
2+250 - 4+460			2+300 - 2+320, 3+060 - 3+080, 4+260 - 4+280, 4+350 - 4+460				

Z powyższej tabeli wynika m.in., że na całej długości wału, jego korpus zbudowany jest z gruntów przepuszczalnych - niespoistych. Występujące przewarstwienia z gruntów spoistych nie mają znaczącego wpływu na warunki filtracji w korpusie wału. Wał na 89.9% długości posadowiony jest na gruntach przepuszczalnych; na 10.1% długości korpus wału posadowiony jest na warstwie madowej. Grunty organiczne i słabonośne zlokalizowane są pod korpusem wału łącznie na 8.1% długości wału.

7.4. OBLICZENIA PARAMETRÓW FILTRACYJNYCH I STATECZNOŚCI OBWAŁOWANIA DLA CHARAKTERYSTYCZNYCH PRZEKROJÓW

W ramach obliczeń specjalistycznych wykonano:

1. obliczenia filtracyjne,
2. obliczenia stateczności skarp.

7.4.1. Obliczenia filtracyjne

Filtracja nieustalona

Wzór Thiema w zmodyfikowanej postaci można wykorzystać do obliczenia czasu dojścia przesiązków do skarpy odpowietrznej. Zmodyfikowany wzór Thiema ma postać:

$$T = \frac{n_p L_1^2}{3 k H_1} \text{ [doby]},$$

gdzie:

T- czas, po którym przesiąki osiągną spód skarpy odpowietrznej, liczony od momentu, gdy zwierciadło wód wezbraniowych podniesie się do rzędnej terenu przy skarpie odwodnej [doby],

n_p – objętość porów wypełnionych powietrzem wyrażona w częściach całej objętości próbki i wyznaczona z zależności:

$$n_p = n - \frac{\rho_d}{\rho_w} \cdot W$$

n – porowatość gruntu w korpusie,

W – wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych],

ρ_d , ρ_w – gęstości objętościowe szkieletu gruntowego i wody [kN/m^3],

k – współczynnik filtracji gruntu [m/dobę],

H_1 – maksymalna głębokość wody przy wale w czasie wezbrania miarodajnego [m],

L_1 – zastępcza długość podstawy korpusu [m].

Do ustalenia czasu, po którym nastąpi ustalenie się warunków filtracji służy wzór Erba:

$$T = \frac{n_p L^2}{k H_1} \text{ [doby]},$$

gdzie:

n_p , k i H_1 jak dla wzoru Thiema,

L – wielkość obliczona ze wzoru:

$$L = L_0 - m h_0 \text{ [m]},$$

L_0 – zastępcza długość podstawy korpusu [m],

m – nachylenie skarpy odpowietrznej [-],

$$h_0 = \frac{H_1^2}{2 L_0} \text{ [m]}. \text{ – wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej.}$$

Jeżeli czas wyznaczony z równania Erba jest krótszy niż czas trwania wezbrania (czas, w którym rzędne zwierciadła wody są większe niż rzędna międzywała u stopy wału), we wszystkich dalszych obliczeniach w tym i w ocenach stateczności uwzględniać należy warunki filtracji ustalonej (Wały przeciwpowodziowe – wytyczne instruktażowe projektowania. Biuletyn informacyjny – Melioracje rolne z. 2-3, 1982). Wg „Powódź w maju i czerwcu 2010r. na warszawskim odcinku Wisły. P. Kuźniar. Gospodarka Wodna, z 2 2011r.” najdłuższy czas

trwania stanów wyższych od alarmowego wynosi 10 dni. Biorąc powyższe pod uwagę, jako najdłuższy czas trwania wezbrania do obliczeń filtracji ustalonej przez wał przyjęto 10 dni. Jeśli uzyskany czas był krótszy lub niewiele dłuższy niż 10 dni, przyjęto filtrację ustaloną przez wał. Jeśli czas ten był odpowiednio dłuższy, przyjęto warunki filtracji nieustalonej.

Filtracja ustalona

Natężenie przepływu q przez wał o długości 1,0m bez drenażu posadowiony na podłożu słabo przepuszczalnym wyznaczyć można ze wzoru Michajłowa:

$$q = k \frac{H_1^2}{L_0 \sqrt{L_0^2 - (nH_1)^2}} \text{ [m}^3\text{/d/m]},$$

gdzie:

k – współczynnik filtracji gruntu [m/dobę],

$L_0 = mH + b + (H - H_1)n + \Delta L_0$ [m],

przy czym: $\Delta L_0 = \beta H_1$; $\beta = \frac{1}{2 \frac{1}{n}}$;

H – głębokość wody przy stopie wału [m],

H_1 – maksymalna głębokość wody przy wale w czasie wezbrania miarodajnego [m],

b – szerokość korony wału [m],

n – nachylenie skarpy odwodnej,

m – nachylenie skarpy odpowietrznej.

Wysokość wysączenia h_0 na skarpie odpowietrznej oraz rzędne linii depresji y można wyznaczyć, korzystając z zależności:

$$h_0 = \frac{q(m\alpha - \alpha)}{4k},$$

$$y = \sqrt{\frac{2q(x - mh_0) h_0^2}{k}},$$

gdzie:

α – współczynnik [-], $\alpha = 4$ dla $m \geq 1$

q , k , m – jak poprzednio.

Obliczenia filtracji przeprowadzono w 5 przekrojach: PG13/V - km 0+ 887, PG22/IX - km 1+552, PG29/XII - km 2+122, PG50/XIX - km 3+883 i PG56/XXI - km 4+270. Analizowany wał pozbawiony jest przesłony.

W przekroju PG29/XII - km 2+122, korpus wału posadowiony jest na cienkiej warstwie madowej, natomiast w pozostałych przekrojach na podłożu przepuszczalnym. Na podstawie

wykonanych obliczeń ustalono, że przy czasie trwania wezbrania 10 dni we wszystkich analizowanych przekrojach występuje zjawisko filtracji ustalonej.

W ramach obliczeń filtracyjnych wyznaczono również gradienty kontrolne w korpusie wału i jego podłożu oraz porównano z gradientami dopuszczalnymi. Ponadto w przekroju PG29/XII - km 2+122, w którym korpus wału posadowiony jest na cienkiej warstwie madowej, określono możliwość przebicia hydraulicznego. Należy zauważyć, że w analizowanym przekroju stwierdzono możliwość powstania przebicia hydraulicznego.

Uzyskane wyniki przedstawiono w poniższych tabelach. Krzywe filtracji wrysowano w przekroje obliczeń stateczności

Tabela 13 PG13/V - km 0+ 887. Filtracja nieustalona - wzór Thiema - czas pojawienia się przesiąków u spodu skarpy

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	szerokość korony [m]	wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych]	ciężar objętościowy gruntu w korpusie [kN/m ³]
H1	H	m	n	b	w	γ
2.47	3.76	1.84	2.28	11.80	0.14	18.50
współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]	ciężar właściwy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	porowatość gruntu w korpusie [-]	objętość porów wypełnionych powietrzem w gruncie korpusu	ciężar objętościowy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	zastępcza długość podstawy korpusu [m]	czas pojawienia się przesiąków na skarpie odpowietrznej [doby]
k	γ _s	n	np	γ _d	L	T [d]
4.91	26.5	0.39	0.16	16.23	24.48	2.64

Tabela 14 PG13/V - km 0+ 887. Filtracja nieustalona - wzór Erba - czas ustalenia się warunków filtracji

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	szerokość korony [m]	wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych]	ciężar objętościowy gruntu w korpusie [kN/m ³]	długość skarpy odwodnej [m]
H1	H	m	n	b	w	γ	s
2.47	3.76	1.84	2.28	11.80	0.14	18.50	5.63
współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]	ciężar właściwy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	porowatość gruntu w korpusie [-]	objętość porów wypełnionych powietrzem w gruncie korpusu	ciężar objętościowy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	zastępcza długość podstawy korpusu [m]	wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej [m]	obliczeniowa długość podstawy korpusu [m]
k	γ _s	n	np	γ _d	L _o	h _o	L
4.91	26.50	0.39	0.16	16.23	23.36	0.13	23.12
czas ustalenia się krzywej filtracji w korpusie wału [doby]					7.07	filtracja ustalona	

Tabela 15 PG13/V - km 0+ 887. Filtracja ustalona przez wał

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	szerokość korony [m]	współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]
H1	H	n	m	b	k
2.47	3.76	2.28	1.84	11.80	4.91
współczynnik zależny od nachylenia skarpy odwodnej [-]	odcinek podstawy korpusu zależny od β i H [m]	obliczeniowa długość podstawy korpusu [m]	wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej [m]	jednostkowe natężenie przepływu [m ³ /d/m]	
β	ΔL_o	L_o	h_o	q	
0.41	1.01	22.68	0.32	0.67	

Tabela 16 PG13/V - km 0+ 887. Gradienty kontrolne i dopuszczalne

Gradient kontrolny	w korpusie	J_k	0.11	$J_k < J_d$	gradient nieprzekroczony
Gradient dopuszczalny		J_d	0.55		
Gradient kontrolny	w podłożu	J_k	0.07	$J_k < J_d$	gradient nieprzekroczony
Gradient dopuszczalny		J_d	0.3		

Tabela 17 Przekrój PG22/IX - km 1+552. Filtracja nieustalona - wzór Thiema - czas pojawienia się przesiąków u spodu skarpy

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	szerokość korony [m]	wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych]	ciężar objętościowy gruntu w korpusie [kN/m ³]
H1	H	m	n	b	w	γ
3.21	4.30	2.01	1.87	14.70	0.16	17.50
współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]	ciężar właściwy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	porowatość gruntu w korpusie [-]	objętość porów wypełnionych powietrzem w gruncie korpusu	ciężar objętościowy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	zastępcza długość podstawy korpusu [m]	czas pojawienia się przesiąków na skarpie odpowietrznej [doby]
k	γ_s	n	n_p	γ_d	L	T [d]
7.32	26.5	0.43	0.19	15.09	28.36	2.16

Tabela 18 Przekrój PG22/IX - km 1+552. Filtracja nieustalona - wzór Erba - czas ustalenia się warunków filtracji

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	szerokość korony [m]	wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych]	ciężar objętościowy gruntu w korpusie [kN/m ³]	długość skarpy odwodnej [m]
H1	H	m	n	b	w	γ	s
3.21	4.30	2.01	1.87	14.70	0.16	17.50	5.99
współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]	ciężar właściwy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	porowatość gruntu w korpusie [-]	objętość porów wypełnionych powietrzem w gruncie korpusu	ciężar objętościowy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	zastępcza długość podstawy korpusu [m]	wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej [m]	obliczeniowa długość podstawy korpusu [m]
k	γ_s	n	np	γ_d	Lo	ho	L
7.32	26.50	0.43	0.19	15.09	27.16	0.19	26.78
czas ustalenia się krzywej filtracji w korpusie wału [doby]					5.78	filtracja ustalona	

Tabela 19 Przekrój PG22/IX - km 1+552. Filtracja ustalona przez wał

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	szerokość korony [m]	współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]
H1	H	n	m	b	k
3.21	4.30	1.87	2.01	14.70	7.32
współczynnik zależny od nachylenia skarpy odwodnej [-]	odcinek podstawy korpusu zależny od β i H [m]	obliczeniowa długość podstawy korpusu [m]	wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej [m]	jednostkowe natężenie przepływu [m ³ /d/m]	
β	ΔLo	Lo	ho	q	
0.39	1.27	26.63	0.49	1.43	

Tabela 20 Przekrój PG22/IX - km 1+552. Gradienty kontrolne i dopuszczalne

Gradient kontrolny	w korpusie	J _k	0.12	J _k < J _d	gradient nieprzekroczony
Gradient dopuszczalny		J _d	0.45		
Gradient kontrolny	w podłożu	J _k	0.09	J _k < J _d	gradient nieprzekroczony
Gradient dopuszczalny		J _d	0.23		

Tabela 21 Przekrój PG29/XII - km 2+122. Filtracja nieustalona - wzór Thiema - czas pojawienia się przesiąków u spodu skarpy

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	szerokość korony [m]	wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych]	ciężar objętościowy gruntu w korpusie [kN/m ³]
H1	H	m	n	b	w	γ
3.03	4.40	2.11	2.17	10.90	0.14	18.50
współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]	ciężar właściwy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	porowatość gruntu w korpusie [-]	objętość porów wypełnionych powietrzem w gruncie korpusu	ciężar objętościowy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	zastępcza długość podstawy korpusu [m]	czas pojawienia się przesiąków na skarpie odpowietrznej [doby]
k	γ_s	n	np	γ_d	L	T [d]
7.32	26.5	0.39	0.16	16.23	26.47	1.69

Tabela 22 Przekrój PG29/XII - km 2+122. Filtracja nieustalona - wzór Erba - czas ustalenia się warunków filtracji

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	szerokość korony [m]	wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych]	ciężar objętościowy gruntu w korpusie [kN/m ³]	długość skarpy odwodnej [m]
H1	H	m	n	b	w	γ	S
3.03	4.40	2.11	2.17	10.90	0.14	18.50	6.59
współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]	ciężar właściwy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	porowatość gruntu w korpusie [-]	objętość porów wypełnionych powietrzem w gruncie korpusu	ciężar objętościowy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	zastępcza długość podstawy korpusu [m]	wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej [m]	obliczeniowa długość podstawy korpusu [m]
k	γ_s	n	np	γ_d	Lo	ho	L
7.32	26.50	0.39	0.16	16.23	25.16	0.18	24.77
czas ustalenia się krzywej filtracji w korpusie wału [doby]					4.44	filtracja ustalona	

Tabela 23 Przekrój PG29/XII - km 2+122. Filtracja ustalona przez wał

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	szerokość korony [m]	współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]
H1	H	n	m	b	k
3.03	4.40	2.17	2.11	10.90	7.32
współczynnik zależny od nachylenia skarpy odwodnej [-]	odcinek podstawy korpusu zależny od β i H [m]	obliczeniowa długość podstawy korpusu [m]	wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej [m]	jednostkowe natężenie przepływu [m ³ /d/m]	
β	ΔL_o	L_o	ho	q	
0.41	1.23	24.41	0.50	1.40	

Tabela 24 Przekrój PG29/XII - km 2+122. Gradienty kontrolne i dopuszczalne. Określenie możliwości przebicia hydraulicznego

Gradient kontrolny	w korpusie	J _k	0.12	J _k < J _d	gradient nieprzekroczony
Gradient dopuszczalny		J _d	0.55		
Gradient kontrolny	w podłożu	J _k	0.08	J _k < J _d	gradient nieprzekroczony
Gradient dopuszczalny		J _d	0.45		
Określenie możliwości przebicia hydraulicznego w podłożu		γ	0.95	γ < γ _p	stwierdzono możliwość powstania przebicia hydraulicznego
		γ _p	1.5		

Tabela 25 Przekrój PG50/XIX - km 3+883. Filtracja nieustalona - wzór Thiema - czas pojawienia się przesiaków u spodu skarpy

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	szerokość korony [m]	wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych]	ciężar objętościowy gruntu w korpusie [kN/m ³]
H1	H	m	n	b	w	γ
0.16	2.01	2.19	2.09	4.60	0.14	18.50
współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]	ciężar właściwy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	porowatość gruntu w korpusie [-]	objętość porów wypełnionych powietrzem w gruncie korpusu	ciężar objętościowy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	zastępcza długość podstawy korpusu [m]	czas pojawienia się przesiaków na skarpie odpowietrznej [doby]
k	γ_s	n	np	γ_d	L	T [d]
18.84	26.5	0.39	0.16	16.23	13.04	3.02

Tabela 26 Przekrój PG50/XIX - km 3+883. Filtracja nieustalona - wzór Erba - czas ustalenia się warunków filtracji

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	szerokość korony [m]	wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych]	ciężar objętościowy gruntu w korpusie [kN/m ³]	długość skarpy odwodnej [m]
H1	H	m	n	b	w	γ	s
0.16	2.01	2.19	2.09	4.60	0.14	18.50	0.34
współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]	ciężar właściwy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	porowatość gruntu w korpusie [-]	objętość porów wypełnionych powietrzem w gruncie korpusu	ciężar objętościowy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	zastępcza długość podstawy korpusu [m]	wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej [m]	obliczeniowa długość podstawy korpusu [m]
k	γ_s	n	np	γ_d	L ₀	h ₀	L
18.84	26.50	0.39	0.16	16.23	12.98	0.001	12.97
czas ustalenia się krzywej filtracji w korpusie wału [doby]					8.96	filtracja ustalona	

Tabela 27 Przekrój PG50/XIX - km 3+883. Filtracja ustalona przez wał

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	szerokość korony [m]	współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]
H1	H	n	m	b	k
0.16	2.01	2.09	2.19	4.60	18.84
współczynnik zależny od nachylenia skarpy odwodnej [-]	odcinek podstawy korpusu zależny od β i H [m]	obliczeniowa długość podstawy korpusu [m]	wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej [m]	jednostkowe natężenie przepływu [m ³ /d/m]	
β	ΔL_o	L_o	h_o	q	
0.40	0.06	12.94	0.00	0.02	

Tabela 28 Przekrój PG50/XIX - km 3+883. Gradienty kontrolne i dopuszczalne

Gradient kontrolny	w korpusie	J_k	0.01	$J_k < J_d$	gradient nieprzekroczony
Gradient dopuszczalny		J_d	0.45		
Gradient kontrolny	w podłożu	J_k	0.01	$J_k < J_d$	gradient nieprzekroczony
Gradient dopuszczalny		J_d	0.3		

Tabela 29 Przekrój PG50/XIX - km 3+883. Filtracja nieustalona - wzór Thiema - czas pojawienia się przesiąków u spodu skarpy

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	szerokość korony [m]	wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych]	ciężar objętościowy gruntu w korpusie [kN/m ³]
H1	H	m	n	b	w	γ
0.39	2.64	1.71	2.10	4.90	0.14	18.50
współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]	ciężar właściwy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	porowatość gruntu w korpusie [-]	objętość porów wypełnionych powietrzem w gruncie korpusu	ciężar objętościowy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	zastępcza długość podstawy korpusu [m]	czas pojawienia się przesiąków na skarpie odpowietrznej [doby]
k	γ_s	n	np	γ_d	L	T [d]
18.84	26.5	0.39	0.16	16.23	14.54	1.54

Tabela 30 Przekrój PG50/XIX - km 3+883. Filtracja nieustalona - wzór Erba - czas ustalenia się warunków filtracji

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	szerokość korony [m]	wilgotność gruntu [w jednostkach niemianowanych]	ciężar objętościowy gruntu w korpusie [kN/m ³]	długość skarpy odwodnej [m]
H1	H	m	n	b	w	γ	S
0.39	2.64	1.71	2.10	4.90	0.14	18.50	0.82
współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]	ciężar właściwy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	porowatość gruntu w korpusie [-]	objętość porów wypełnionych powietrzem w gruncie korpusu	ciężar objętościowy szkieletu gruntowego [kN/m ³]	zastępcza długość podstawy korpusu [m]	wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej [m]	obliczeniowa długość podstawy korpusu [m]
k	γ_s	n	np	γ_d	Lo	ho	L
18.84	26.50	0.39	0.16	16.23	14.38	0.01	14.37
czas ustalenia się krzywej filtracji w korpusie wału [doby]					4.51	filtracja ustalona	

Tabela 31 Przekrój PG50/XIX - km 3+883. Filtracja ustalona przez wał

maksymalna głębokość wody przy wale [m]	wysokość wału [m]	nachylenie skarpy odwodnej [-]	nachylenie skarpy odpowietrznej [-]	szerokość korony [m]	współczynnik filtracji gruntu w korpusie [m/dobę]
H1	H	n	m	b	k
0.39	2.64	2.10	1.71	4.90	18.84
współczynnik zależny od nachylenia skarpy odwodnej [-]	odcinek podstawy korpusu zależny od β i H [m]	obliczeniowa długość podstawy korpusu [m]	wysokość wysączenia na skarpie odpowietrznej [m]	jednostkowe natężenie przepływu [m ³ /d/m]	
β	ΔLo	Lo	ho	q	
0.40	0.16	14.29	0.01	0.10	

Tabela 32 Przekrój PG50/XIX - km 3+883. Gradienty kontrolne i dopuszczalne

Gradient kontrolny	w korpusie	J _k	0.03	J _k < J _d	gradient nieprzekroczony
Gradient dopuszczalny		J _d	0.55		
Gradient kontrolny	w podłożu	J _k	0.02	J _k < J _d	gradient nieprzekroczony
Gradient dopuszczalny		J _d	0.3		

7.4.2. Obliczenia stateczności

Analizę stateczności przeprowadzono w oparciu o następujące metody zakładające cylindryczną powierzchnię poślizgu:

- Bishopa,
- Morgensterna – Price'a.

Wymienione metody są powszechnie stosowanymi w praktyce metodami należącymi do grupy pasków, opartymi na warunku równowagi granicznej.

Do sprawdzenia warunków stateczności przedmiotowego wału przeciwpowodziowego, wykorzystano zależność przedstawioną w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie. Zgodnie z §39.1 w/w Rozporządzenia, sprawdzenie stateczności skarp budowli hydrotechnicznych ziemnych oraz zboczy polega na wykazaniu, że jest spełniona zależność:

$$\gamma_p E_{\text{dest}}^{\text{ch}} \leq E_{\text{stab}}^{\text{ch}}$$

gdzie:

$E_{\text{stab}}^{\text{ch}}$, $E_{\text{dest}}^{\text{ch}}$ – oznaczają charakterystyczne oddziaływania stabilizujące i destabilizujące,

γ_p – oznacza współczynnik pewności określony w ust. 2 i 3 w/w Rozporządzenia.

§39.2 w/w Rozporządzenia stanowi, że wartość współczynnika pewności niezależnie od klasy budowli hydrotechnicznej wynosi:

1,5 – dla podstawowego układu obciążeń,

1,3 – dla wyjątkowego układu obciążeń.

Podane wartości współczynnika pewności dotyczą obliczeń wykonywanych dokładnymi metodami, w tym metodami Morgensterna-Price'a, GLE, Spencera, MES, przy przeciętnym rozpoznaniu podłoża; w przypadku dokładnego rozpoznania budowy podłoża w układzie warstw geotechnicznych i przeprowadzenia badań właściwości gruntów spoistych w poszczególnych warstwach podłoża, podane wartości mogą być zmniejszone do wartości 1,3 dla podstawowego układu obciążeń i 1,15 dla wyjątkowego układu obciążeń. Do oceny warunków stateczności analizowanego wału przeciwpowodziowego przyjęto wartość współczynnika pewności (stateczności) 1,5.

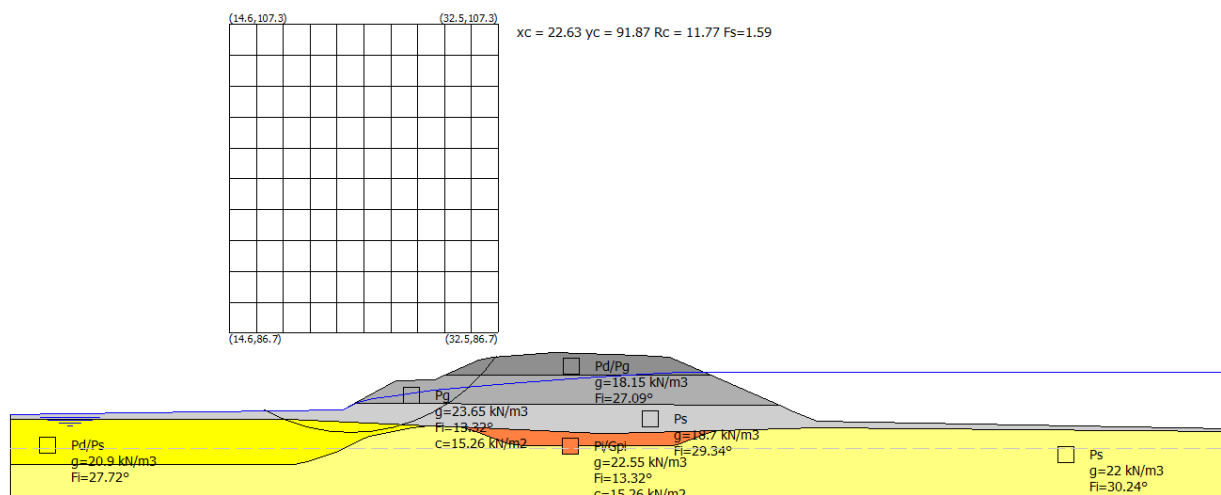
Wartości normowe parametrów geotechnicznych zostały skorygowane współczynnikami niejednorodności: dla ciężaru objętościowego gruntu w nasypie przyjęto $k=1,1$, dla parametrów wytrzymałościowych $k=0,9$.

Obliczenia stateczności wału przeprowadzono w 5 przekrojach: PG13/V - km 0+ 887, PG22/IX - km 1+552, PG29/XII - km 2+122, PG50/XIX - km 3+883 i PG56/XXI - km 4+270.

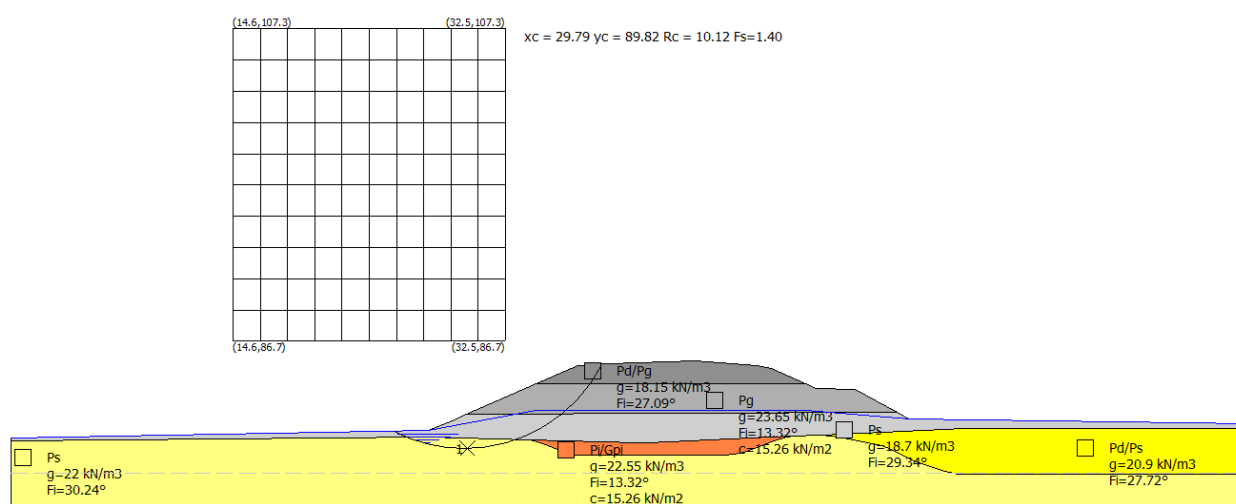
Analizę stateczności wału wykonano od strony odwodnej i od strony odpowietrznej. Obliczenia stateczności skarpy od strony odpowietrznej wykonano po ustaleniu się krzywej filtracji w korpusie wału przy wezbraniu w Wiśle na poziomie $Q_{m0.5\%}$. Obliczenia stateczności skarpy od strony odwodnej wykonano w warunkach tuż po ustąpieniu wezbrania w rzece Wiśle, tj. w warunkach, kiedy grunty w korpusie wału są mokre (stan wilgotności). W obliczeniach wykorzystano program GeoStru. Otrzymane wyniki zestawiono w poniższych tabelach oraz przedstawiono na rysunkach (wyniki obliczeń dla metody Morgensterna – Price'a).

Tabela 33 Wyniki obliczeń stateczności

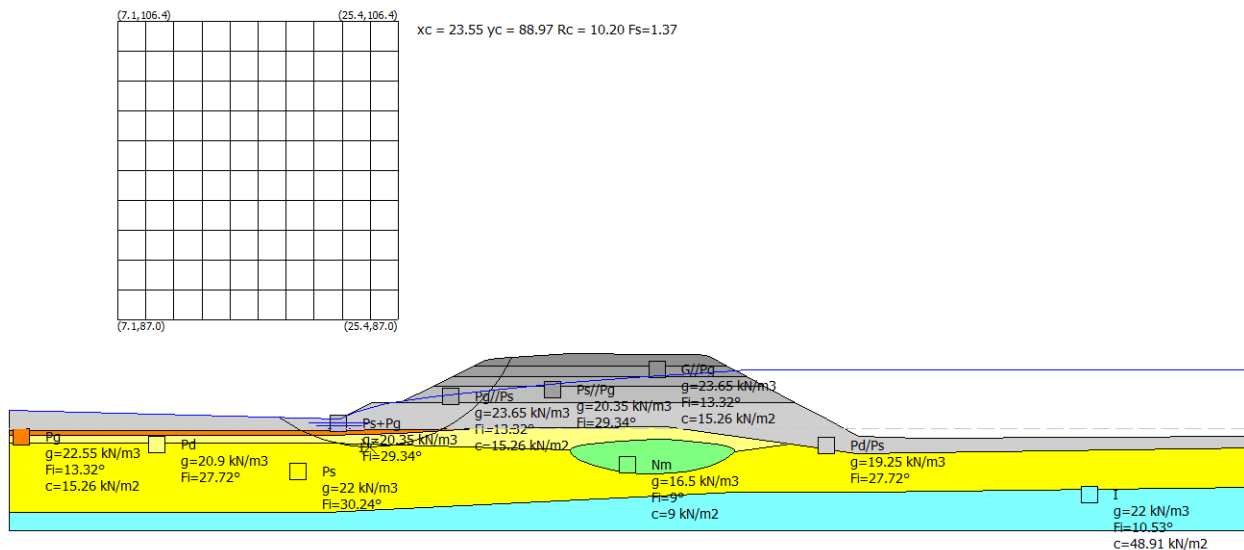
Przekrój	Strona odpowietrzna		Strona odwodna	
	metoda		metoda	
	Bishopa	Morgensterna – Price'a	Bishopa	Morgensterna – Price'a
PG13/V - km 0+ 887	F=1.58	F=1.59	F=1.38	F=1.40
PG22/IX - km 1+552	F=1.33	F=1.37	F=1.24	F=1.30
PG29/XII - km 2+122	F=1.25	F=1.27	F=1.23	F=1.24
PG50/XIX - km 3+883	F=1.50	F=1.51	F=1.39	F=1.39
PG56/XXI - km 4+270	F=1.42	F=1.36	F=1.37	F=1.37



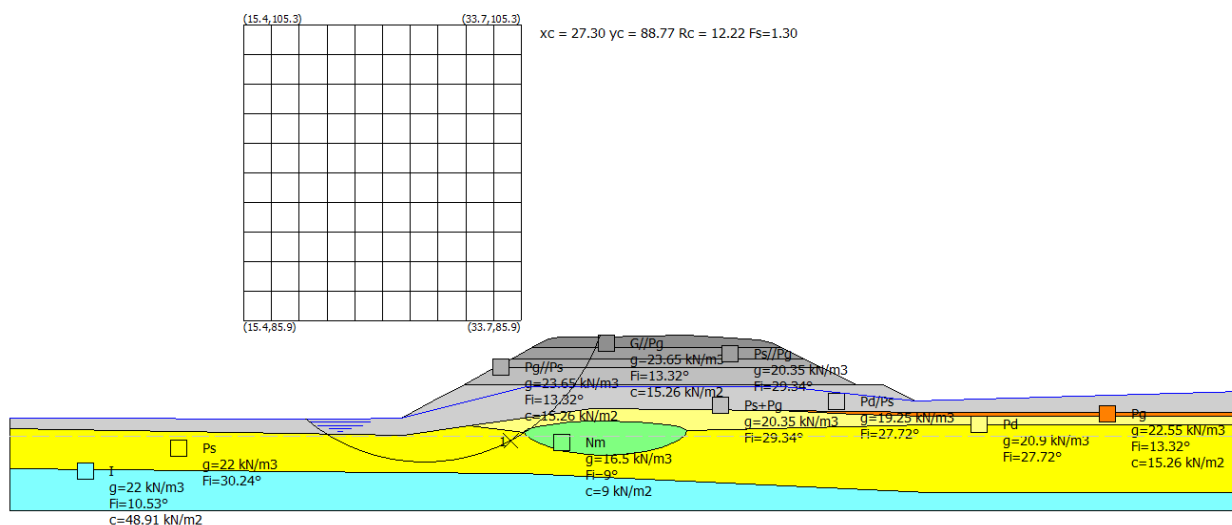
Rysunek 1 Wynik obliczeń stateczności skarpy odpowietrznej metodą Morgensterna – Price'a w przekroju PG13/V - km 0+ 887



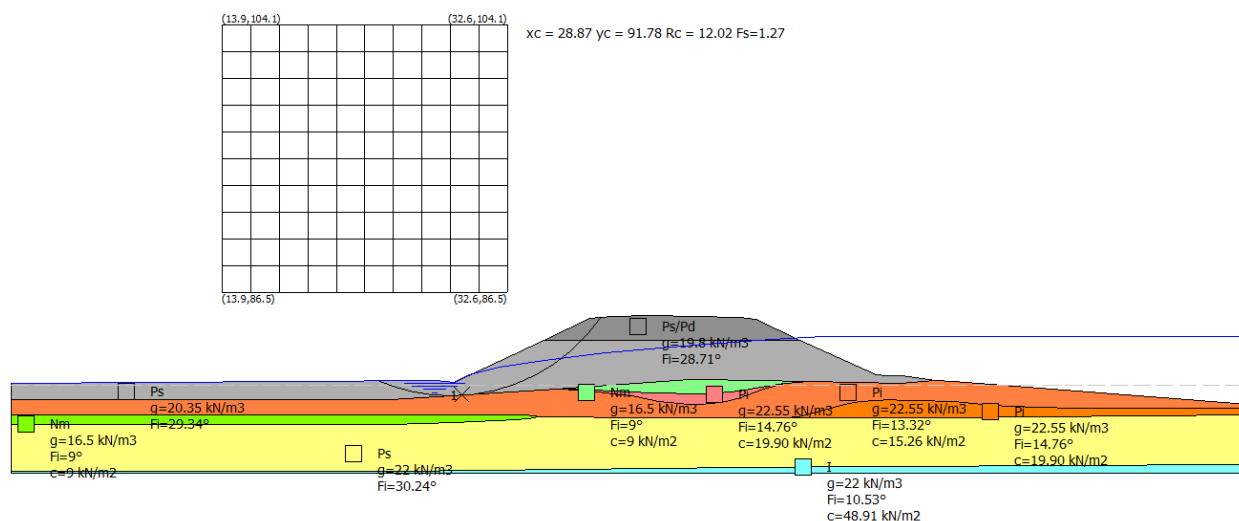
Rysunek 2 Wynik obliczeń stateczności skarpy odwodnej metodą Morgensterna – Price'a w przekroju PG13/V - km 0+ 887



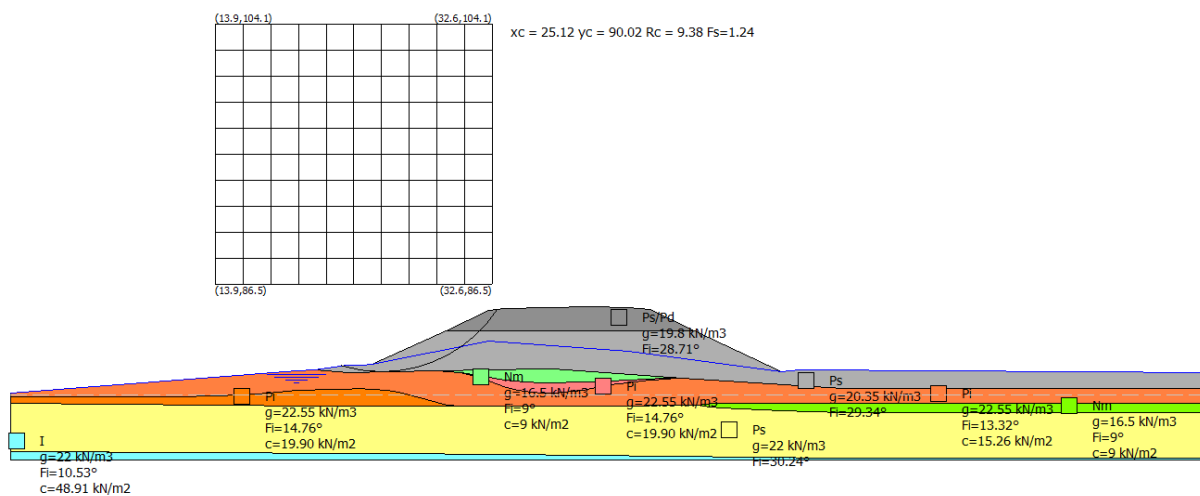
Rysunek 3 Wynik obliczeń stateczności skarpy odpowietrznej metodą Morgensterna – Price'a w przekroju PG22/IX - km 1+552



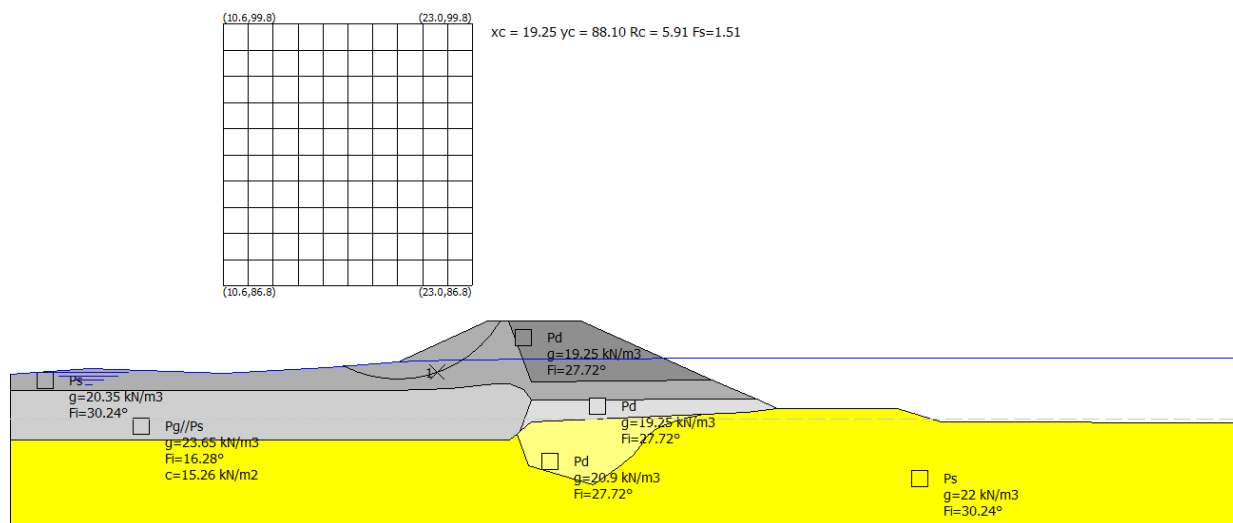
Rysunek 4 Wynik obliczeń stateczności skarpy odwodnej metodą Morgensterna – Price'a w przekroju PG22/IX - km 1+552



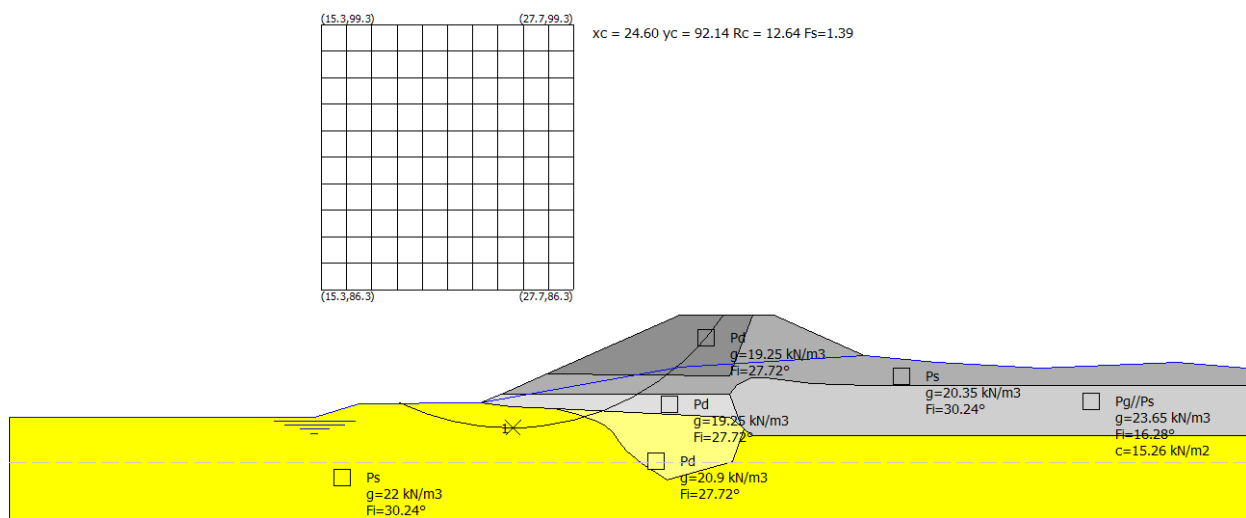
Rysunek 5 Wynik obliczeń stateczności skarpy odpowietrznej metodą Morgensterna – Price'a w przekroju PG29/XII - km 2+122



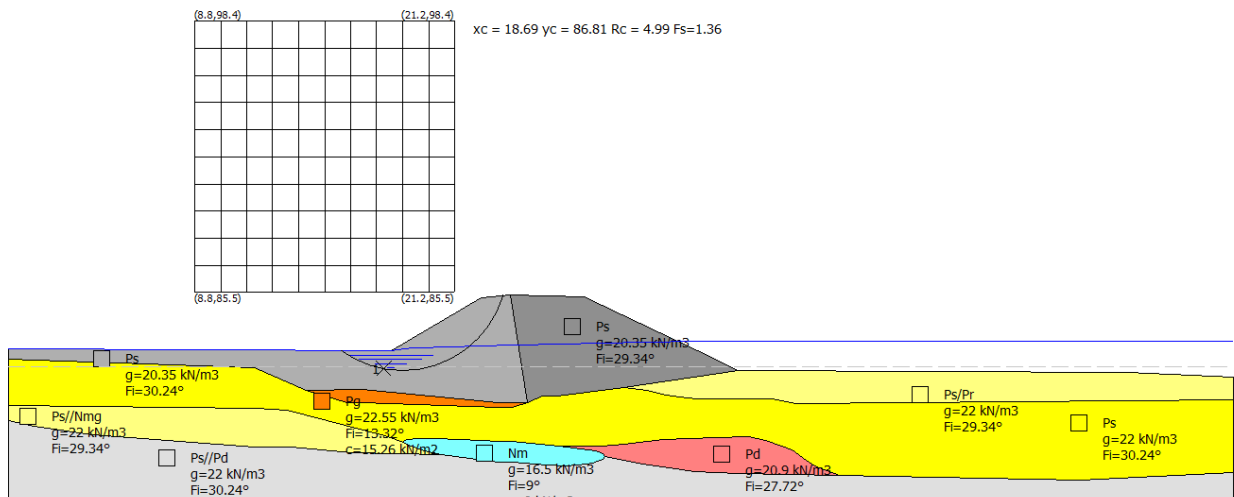
Rysunek 6 Wynik obliczeń stateczności skarpy odwodnej metodą Morgensterna – Price'a w przekroju PG29/XII - km 2+122



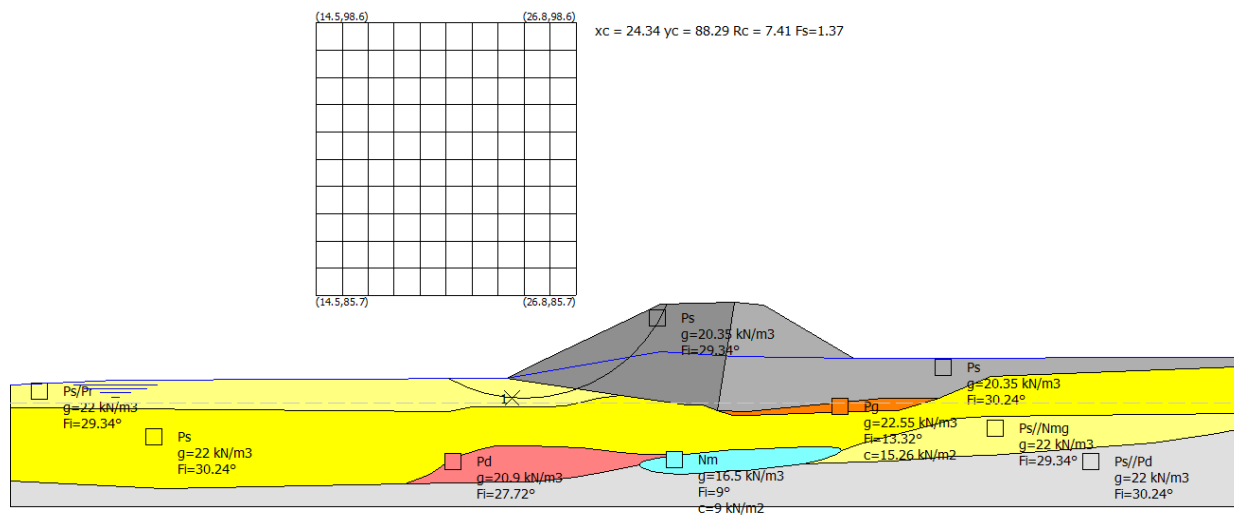
Rysunek 7 Wynik obliczeń stateczności skarpy odpoietrznej metodą Morgensterna – Price'a w przekroju PG50/XIX - km 3+883



Rysunek 8 Wynik obliczeń stateczności skarpy odwodnej metodą Morgensterna – Price'a w przekroju PG50/XIX - km 3+883



Rysunek 9 Wynik obliczeń stateczności skarpy odpowietrznej metodą Morgensterna – Price'a w przekroju PG56/XXI - km 4+270



Rysunek 10 Wynik obliczeń stateczności skarpy odwodnej metodą Morgensterna – Price'a w przekroju PG56/XXI - km 4+270

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że:

- wartości współczynnika stateczności otrzymane metodą Bishopa i Morgensterna – Price'a są zbieżne,
- dla skarpy odpowietrznej w przekrojach PG13/V - km 0+ 887 i PG50/XIX - km 3+883, otrzymano współczynnik stateczności $F \geq 1.5$. Związane jest to z tym, że w przekroju PG13/V - km 0+ 887 od strony odpowietrznej zlokalizowana jest ławka, natomiast w przypadku przekroju PG50/XIX - km 3+883 krzywa filtracji układa się nisko, natomiast nachylenie skarpy jest większe niż 1:2,
- dla skarpy odpowietrznej w przekrojach: PG22/IX - km 1+552, PG29/XII - km 2+122 i PG56/XXI - km 4+270, otrzymano współczynnik stateczności $F < 1.5$; związane jest to z tym, że w korpusie brak jest przesłony, natomiast korpus zbudowany jest z gruntów niespoistych średnio zagęszczonych. Występujące przewarstwienia z gruntów spoistych nie mają znaczącego wpływu na warunki stateczności skarpy,
- dla skarpy odwodnej we wszystkich analizowanych przekrojach otrzymano współczynnik stateczności $F < 1.5$; związane jest to z tym, że korpus zbudowany jest z gruntów niespoistych średnio zagęszczonych. Występujące przewarstwienia z gruntów spoistych nie mają znaczącego wpływu na warunki stateczności skarpy odwodnej. Na warunki stateczności ma wpływ również nachylenie skarpy odwodnej, które w analizowanych przekrojach zawiera się w przedziale od 1:1.87 do 1:2.28.

Generalnie analizowany wał nie spełnia wymogów przedstawionych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie i kwalifikuje się do przebudowy. Bez podjęcia działań zaradczych, może dojść do utraty stateczności skarp wału i w efekcie do przerwania konstrukcji wału oraz zalania terenu zawala.

Równocześnie należy zauważyć, że na odcinkach: km 0+000 – 0+127 i 2+693 – 3+610, utrata stateczności skarp nie będzie skutkować przerwaniem konstrukcji wału, gdyż na w/w odcinkach jest on bardzo rozbudowany w planie. Na odcinku km 0+000 – 0+127 wał rozbudowany jest w części przylegającej do mostu Gdańskiego (kolejowego) i praktycznie nie występuje międzywale. Natomiast na odcinku km 2+693 – 3+610 wał rozbudowany jest w części przylegającej do mostu Grota – Roweckiego i nie występuje zawale.

7.5. OPIS STANU INNYCH ELEMENTÓW MAJĄCYCH WPŁYW NA STAN I BEZPIECZEŃSTWO OBWAŁOWAŃ

7.5.1. Kolizje z infrastrukturą techniczną

Przez oceniany wał przechodzą sieci infrastruktury technicznej. Na długości 2,65 km rurociąg ciepłowniczy został wbudowany w korpus wału.

Poniżej zamieszczono zestawienie kolizji infrastruktury z nasypem wału opracowane na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji i mapy do celów projektowych.

Tabela 34 Zestawienie kolizji infrastruktury technicznej

Lp.	Kilometr wału	Rodzaj kolizji	Opis
<i>Kolizje z infrastrukturą komunikacyjną</i>			
1	3+124 – 3+170	Most	Most Grota Roweckiego. Przęsło mostu przechodzi nad osią wału. Na odcinku mostu brak nasypu wału. Rzędna góry konstrukcji 91,22. Rzędna spodu konstrukcji nad osią wału 86,91. Szerokość przęsła mostu 46 m.
<i>Sieć ciepłownicza w korpusie wału</i>			
2	0+000 – 2+650	cD 2 x 800	Rurociągi ciepłownicze wbudowane są w korpus wału. W korpusie zlokalizowane są komory rewizyjne sieci.
	0+098		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	0+322		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	0+498		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	0+619		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	0+859		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	1+098		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	1+339		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	1+580		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	1+699		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	1+818		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	1+932		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	2+058		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	2+298		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
	2+538		komora rewizyjna sieci ciepłowniczej w korpusie wału
3	0+031	cpD	Rurociąg ciepłowniczy
4	0+640 – 1+590	Rni	Rurociąg po ławce i na skarpie wału
5	1+730 – 2+060	Rni	Rurociąg po ławce i na skarpie wału
<i>Kolizje z infrastrukturą EC Żerań</i>			
6	3+610 – 3+645	mur oporowy	Mur oporowy w odpowiedniej stopie wału. Mur oddziela podpory rurociągów EC Żerań od nasypu wału
7	3+900 – 4+163	Rni	Rurociągi EC Żerań biegną nad skarpą wału. W skarpie wbudowane są podpory rurociągów.
	3+906		podpora rurociągów w skarpie wału
	3+922		podpora rurociągów w skarpie wału
	3+936		podpora rurociągów w skarpie wału
	3+952		podpora rurociągów w skarpie wału
	3+967		podpora rurociągów w skarpie wału
	3+983		podpora rurociągów w skarpie wału
	3+998		podpora rurociągów w skarpie wału
	4+013		podpora rurociągów w skarpie wału
	4+029		podpora rurociągów w skarpie wału

Lp.	Kilometr wału	Rodzaj kolizji	Opis
	4+044		podpora rurociągów w skarpie wału
	4+059		podpora rurociągów w skarpie wału
	4+074		podpora rurociągów w skarpie wału
	4+089		podpora rurociągów w skarpie wału
	4+105		podpora rurociągów w skarpie wału
	4+121		podpora rurociągów w skarpie wału
	4+136		podpora rurociągów w skarpie wału
	4+151		podpora rurociągów w skarpie wału
<i>Pozostałe kolizje z infrastrukturą techniczną</i>			
8	0+013	2eND	kabel niskiego napięcia
9	0+017	eWD (n)	nieczynny kabel wysokiego napięcia
10	0+565	tD	kabel telekomunikacyjny
11	1+271	kdP 1510. 1620	Kanał ogólnospławny średnicy 1,5 m
12	2+953	kD 1850. 2000	Kanał ogólnospławny 2,0m x 1,85m
13	3+610 – 4+404	eNP	Kabel niskiego napięcia w korpusie wału
<i>Słupy oświetlenia na koronie wału</i>			
14	3+617	słup	
15	3+637	słup	
16	3+657	słup	
17	3+677	słup	
18	3+696	słup	
19	3+717	słup	
20	3+737	słup	
21	3+757	słup	
22	3+777	słup	
23	3+796	słup	
24	3+816	słup	
25	3+837	słup	
26	3+856	słup	
27	3+876	słup	
28	3+897	słup	
29	3+916	słup	
30	3+936	słup	
31	3+956	słup	
32	3+976	słup	
33	3+996	słup	
34	4+016	słup	
35	4+036	słup	
36	4+056	słup	
37	4+076	słup	
38	4+096	słup	
39	4+116	słup	
40	4+136	słup	
41	4+156	słup	
42	4+176	słup	
43	4+196	słup	
44	4+216	słup	
45	4+236	słup	
46	4+256	słup	
47	4+276	słup	
48	4+296	słup	
49	4+316	słup	
50	4+336	słup	
51	4+356	słup	
52	4+377	słup	

Lp.	Kilometr wału	Rodzaj kolizji	Opis
53	4+390	słup	

Kolizje naniesiono na mapę zasadniczą załącznik graficzny nr 2 i profilu podłużnym wału załącznik graficzny nr 3.

7.5.2. Drogi dojazdowe

Zgodnie z § 124 ust. 2, rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie z dnia 20 kwietnia 2007 r, drogi dojazdowe do obwałowań przeciwpowodziowych powinny być dostosowane do rodzaju przewożonego sprzętu i materiałów oraz środków transportowych; drogi dojazdowe do obwałowań przeciwpowodziowych powinny być budowane wzdłuż tych obiektów lub po ich koronie i posiadać połączenia z drogami publicznymi – nie rzadziej niż co 4 km. § 129 rozporządzenia mówi: na terenie budowli hydrotechnicznych umieszcza się tablice kierunkowe, tablice określające dopuszczalne obciążenie i maksymalne gabaryty transportowanych przedmiotów oraz znaki. Dodatkowo w opracowaniu pt.” Wytyczne instruktażowe projektowania –wały przeciwpowodziowe”, stanowiącym zbiór zasad dobrej praktyki inżynierskiej, wskazuje się o konieczności wyposażania dróg eksploatacyjnych w mijanki zlokalizowane w odstępie ok 500 m.

W świetle w/w rozporządzenia oraz wytycznych, przedmiotowy wał nie spełnia wyżej wymienionych warunków. Dotyczy to w szczególności odcinka wału od km 4+404 – 4+460. Na odcinku tym korona wału jest porośnięta drzewami, co uniemożliwia komunikację. Natomiast od strony odpowietrznej w stopie skarpy znajduje się ogrodzenie EC Żerań.

Od km 0+000 – 3+119 komunikacja wzdłuż wału jest możliwa po koronie wału i zawalu ulicą Wybrzeże Puckie o nawierzchni płyt betonowych. Od km 3+119 – 4+404 komunikację wzdłuż wału zapewnia droga asfaltowa poprowadzona po zawalu i po koronie wału.

Dojazd zewnętrzny zapewnia droga wojewódzka nr 801, relacji Warszawa - Jabłonna.

W poniższej tabeli dokonano oceny dróg dojazdowych umożliwiających połączenie obwałowania z drogami publicznymi.

Tabela 35 Ocena dróg dojazdowych

Lp.	Lokalizacja / odcinek wału [km wału]	Długość drogi [km]	Rodzaj i jakość nawierzchni	Opis
1	0+000 / 0+000 – 3+119	3,119	Droga o nawierzchni asfaltowej - stan dobry.	Połączenie z drogą DW 801 (ul. Jagiellońska): wjazd na wał z ul. Zatylniej.
2	3+119 / 3+119 – 4+460	1,341	Droga o nawierzchni asfaltowej - stan dobry.	Połączenie z drogą DW 801 (ul. Jagiellońska i ul. Modlińska): Droga dojazdowa do podpory mostu oraz droga wzdłuż brzegu Wisły.

Lokalizację dróg dojazdowych naniesiono na mapie poglądowej załącznik graficzny nr 1.

8. OCENA STANU TECHNICZNEGO

8.1. PRZEBIEG TRASY OBWAŁOWANIA

Całkowita długość prawego wału rzeki Wisły, wału Gołędzinowskiego wynosi 4,46 km, od km 0+000 do km 4+460, od Mostu Gdańskiego do wału B Portu Żerańskiego.

Wał w km 0+000 bierze początek od nasypu ulicy Zatylniej. Trasa wału biegnie równolegle do brzegu rzeki, za wyjątkiem odcinka w rejonie mostu Grota Roweckiego, gdzie oś ewidencyjnego wału zbliża się do rzeki omijając nasyp Trasy Toruńskiej.

Wał w postaci typowego nasypu ziemnego o trapezowym przekroju występuje na długości 3416 m, na odcinkach od km 0+127 – 2+693 i 3+610 – 4+460. Od km 0+000 - 0+127 (rejon mostu Gdańskiego) międzywał jest zrównane z poziomem wału, przez co obszar przepływu wód wielkich jest ograniczony praktycznie do koryta rzeki i wynosi ok. 450 m. Od km 2+693 – 3+610 (rejon mostu Grota Roweckiego) teren zawala jest wyrównany z koroną wału ze spadkiem w kierunku osi wału.

Trasa wału nie powoduje utrudnień w przepływie wód maksymalnych oraz dodatkowych nadpiętrzeń. W związku z powyższym nie wymaga zmian.

8.2. STAN MIĘDZYWAŁA I ZAWALA

Stan międzywała i zawala, w pasie terenu sąsiadującym z obwałowaniem, może wpłynąć na pracę budowli podczas przejścia wód powodziowych oraz zagrozić stateczności konstrukcji. Zadrzewienia, szczególnie te rosnące na skarpie nasypu, mają negatywny wpływ na korpus i podłoże, niszczą korpus wału i jego styk z podłożem. Zbiorniki wodne, wyrobiska i starorzecza tworzą uprzywilejowane drogi filtracji w podłożu.

Prawo wodne Art. 88n ust. 1 zakazuje:

- pkt. 2) uprawy gruntu, sadzenia drzew lub krzewów na wałach oraz w odległości mniejszej niż 3 m od stopy wału po stronie odpowietrznej,
- pkt 4) wykonywania obiektów budowlanych, kopania studni, sadzawek, dołów oraz rowów w odległości mniejszej niż 50 m od stopy wału po stronie odpowietrznej.

Jednocześnie stwierdza w ust. 7 w/w artykułu, że Starosta może w drodze decyzji nakazać usunięcie drzew lub krzewów z wałów.

Mając powyższe na uwadze, w ramach oceny, dokonano inwentaryzacji zawala i międzywała, w pasie 50 m od stopy skarpy wału. Poniżej zamieszcza się wykaz elementów, zlokalizowanych w międzywałach i na zawalach istotnych dla obwałowania.

Tabela 36 Inwentaryzacja terenu przyległego w pasie 50 m

Lp	Odcinek wału [km - km]	Długość wału [m]	Opis	Uwagi
Drzewa i krzewy zlokalizowane w pasie 3,0 m od stopy wału				
1	0+190 – 0+330	140	Drzewa – na koronie i skarpie odwodnej wału	
2	0+460 – 0+600	140	Drzewa i krzewy przy stopie i na skarpie wału – zawale	
3	0+790	3	Drzewo w stopie wału - międzywale	
4	0+940	3	Drzewo w stopie wału - międzywale	
5	1+085	3	Drzewo w 3m pasie - międzywale	
6	1+230	3	Drzewa przy stopie i na skarpie wału - międzywale	
7	1+260	3	Drzewo w 3m pasie - międzywale	
8	1+485 – 1+495	10	Drzewa przy stopie wału - międzywale	
9	1+965 – 2+045	80	Drzewa przy stopie wału - międzywale	
10	2+160	3	Drzewo w stopie wału - międzywale	
11	2+300 – 2+315	15	Drzewa przy stopie wału - międzywale	
12	3+610 – 4+460	850	Drzewa na skarpie wału i w 3 m pasie – międzywale oraz lokalnie na koronie wał	
Uprawy rolnicze, ogrodzenia posesji oraz obiekty infrastruktury pasie 3m od stopy wału				
13	0+031 – 0+640	609	Rurociąg ciepłowniczy w stopie skarpy wału i w 3 m pasie - zawale	
14	0+300 – 0+475	175	Ogrodzenie w stopie wału i w pasie 3,0 m od stopy wału - zawale	
15	0+600 – 2+050	1450	Ogrodzenie w stopie wału i w pasie 3,0 m od stopy wału - zawale	
16	1+590 – 1+730	140	Rurociąg ciepłowniczy w stopie skarpy wału i w 3 m pasie - zawale	
17	2+060 – 2+693	633	Rurociąg ciepłowniczy w stopie skarpy wału i w 3 m pasie - zawale	
18	3+610 – 4+460	850	Ogrodzenie EC Żerań oraz budynki- w stopie skarpy zawale	
19	3+610 – 3+680	70	Rurociąg i podpory rurociągu w 3 m pasie od stopy wału zawale	
Oczka wodne, koryciska, wyrobiska zlokalizowane w pasie 50 m od stopy skarpy wału				
20	0+440 – 0+470	30	Oczko wodne - zawale	15 m od stopy skarpy
Obiekty zlokalizowane w pasie 50 m od stopy skarpy wału				
21	0+245	5	Słup wysokiego napięcia	
22	0+485	5	Słup wysokiego napięcia	
23	0+720	5	Słup wysokiego napięcia	
24	0+955	5	Słup wysokiego napięcia	
25	1+160	5	Słup wysokiego napięcia	
26	1+365	5	Słup wysokiego napięcia	
27	1+560	5	Słup wysokiego napięcia	
28	1+725	5	Słup wysokiego napięcia	
29	1+930	5	Słup wysokiego napięcia	
30	2+145	5	Słup wysokiego napięcia	
31	2+340	5	Słup wysokiego napięcia	
32	2+550	5	Słup wysokiego napięcia	
33	3+610 – 4+460	850	Obiekty EC Żerań	Rurociągi, budynki, bocznice kolejowe, silosy
34	3+800	5	Słup wysokiego napięcia	
35	4+020	5	Słup wysokiego napięcia	8 m od stopy wału
36	4+195	5	Słup wysokiego napięcia	9 m od stopy wału

Lp	Odcinek wału [km - km]	Długość wału [m]	Opis	Uwagi
37	4+455	5	Słup wysokiego napięcia	1,5 m od stopy wału

Wyżej wymienione elementy naniesiono na mapie poglądowej załącznik graficzny nr 1.4.

Elementy stwarzające zagrożenie i utrudniające eksploatację obiektu, które powinny zostać usunięte to:

- drzewa i krzewy porastające nasyp wału i pas 3m od stopy wału,
- ogrodzenia w stopie wału,
- podpory rurociągów.

Należy zwrócić uwagę, że zgodnie z wytycznymi instruktażowymi projektowania [5] przewody prowadzone wzdłuż wału lokalizować można na: koronie, ławach, w korpusie i obok wału pod warunkiem zastosowania zabezpieczeń wału i podłoża przed uszkodzeniem w przypadku wystąpienia przecieków lub pęknięcia rurociągów. Za wystarczające zabezpieczenie uznaje się przewody umieszczone w galeriach lub korytach żelbetowych, z odprowadzeniem wód przeciekowych i awaryjnych na bezpieczną odległość od wału. Fundamenty rurociągów nie powinny tworzyć ułatwionych dróg filtracji oraz nie powinny ułatwiać ewentualnych przebiegów hydraulicznych. Oceniając funkcjonowanie tych urządzeń należy stwierdzić, że o ile rurociągi ciepłownicze zlokalizowane w korpusie ułożone są w żelbetowych galeriach, to brak jest elementów odprowadzenia wód przeciekowych i awaryjnych. Natomiast rurociągi ciepłownicze umieszczone na estakadzie powinny zostać zlikwidowane. Jednakże, mając na uwadze, że urządzenia te zostały już zlokalizowane w sąsiedztwie wału ich obecne funkcjonowanie można uznać za dopuszczalne pod warunkiem zastosowania dodatkowych rozwiązań zabezpieczających (np. wykonanie przesłony w korpusie wału, trwałe umocnienie podłoża pod estakadą ciepłowniczą oraz wykonanie systemu odprowadzania wód przesiąkowych i awaryjnych poza obszar oddziaływania na wały). W ocenie stanu technicznego [2] wskazano konieczność likwidacji wszelkich kolizji w tym, podpór rurociągów ze skarp i korony wałów.

8.3. KORPUS I PODŁOŻE

Oceny korpusu i podłoża obwałowania dokonano biorąc pod uwagę następujące czynniki:

- wymagane wyniesienie korony wału,
- parametry przekroju poprzecznego,
- warunki geotechniczne korpusu i podłoża,
- warunki filtracji i stateczności obwałowania,
- stan umocnienia korpusu wału (zadarnienie skarp i korony),
- zadrzewienia i zakrzaczenia,

- inne elementy mające wpływ na stan obwałowania.

Informacje o wymaganym wyniesieniu korony wału zamieszczono w pkt. 4.4. Z pomiarów geodezyjnych i danych hydrologicznych wynika, że wymagania stawiane I klasie ważności budowli, pod względem bezpiecznego wyniesienia korony na długości 2,7 km nie są spełnione.

Za minimalne wymagania odnośnie przekroju poprzecznego obwałowania należy uznać nachylenie skarp 1:2 oraz szerokość korony 3,0 m. Skarpa odpowietrzna jest zbyt stroma na następujących odcinkach:

- 0+176 – 0+423,
- 0+471 – 0+542,
- 0+590 – 1+380,
- 1+694 – 1+880,
- 1+927 – 1+980,
- 2+264 – 2+360,
- 3+781 – 3+856,
- 3+903 – 4+344,
- 4+405 – 4+434,

w sumie na odcinku o długości 1988 m.

Skarpa odwodna jest zbyt stroma na następujących odcinkach:

- 4+405 – 4+434,

w sumie na odcinku o długości 29 m.

Szerokość korony na całym odcinku ocenianego wału przekracza 3,0 m

Od km 0+000 – 2+693 po koronie biegnie ulica Wybrzeże Puckie o nawierzchni wykonanej z płyt betonowych. Od km 3+610 – 4+380 po koronie biegnie droga o nawierzchni asfaltowej. Wał jest intensywnie użytkowany przez rowerzystów, spacerowiczów i działkowców, dla których ul. Wybrzeże Puckie stanowi dojazd do ogródków działkowych. Stan zadarnienie korony i skarp wału ocenia się jako dobry. W trakcie inwentaryzacji wału na odcinku 0+127 – 2+693 wykoszona była skarpa odwodna i korona wału, natomiast skarpa odpowietrzna była nie wykoszona. Rurociągi wbudowane w korpus wału oraz biegnące wzdłuż odpowietrznej skarpy mogą wpływać niekorzystnie na pracę wału w trakcie przejścia fali powodziowej.

Od km 0+000 - 0+127 i 2+693 – 3+610 wał w postaci typowego nasypu ziemnego o trapezowym przekroju nie występuje.

Podłoże gruntowe terenu badań charakteryzują proste oraz złożone warunki gruntowo-wodne. Złożone warunki stwierdzono w rejonie przekrojów PG22/IX/, PG29/XII/, PG31/XIII/, PG40/XVII/, PG42/XVIII/, PG56/XXI/ i PG59/XXII/ i spowodowane są występowaniem nienośnych gruntów organicznych znacznej miąższości. Grunty występujące w podłożu:

- grunty spoiste: ily, ily piaszczyste, pyły piaszczyste, pyły, gliny, gliny pylaste, gliny

piaszczyste w stanie zwięzłym i twardoplastyczny,

- grunty sypkie: piaski drobne, piaski średnie, piaski grube, pospółki zagęszczone i średniozagęszczone,

charakteryzują się korzystnymi parametrami geotechnicznymi. piaski,

Pyły i pyły piaszczyste w stanie plastycznym cechują się obniżonymi parametrami geotechnicznymi, ze względu na swój plastyczny stan występowania.

W nasypie wału występują piaski średnie i piaski drobne zagęszczone posiadające korzystne wartości wskaźnika zagęszczenia $I_s^{(n)}$ 0,94 – 0,98, oraz piaski średnie i drobne o wartości wskaźnika zagęszczenia poniżej $I_s^{(n)} = 0,90 - 0,94$.

W trakcie wykonywania prac wiertniczych stwierdzono występowanie wód gruntowych o zwierciadle swobodnym jak i pod naporem ciśnienia hydrostatycznego. Odnotowano również sączenia.

Obliczenia filtracji przeprowadzono w 5 przekrojach: PG13/V - km 0+ 887, PG22/IX - km 1+552, PG29/XII - km 2+122, PG50/XIX - km 3+883 i PG56/XXI - km 4+270. W przekroju PG29/XII - km 2+122, korpus wału posadowiony jest na cienkiej warstwie madowej, natomiast w pozostałych przekrojach na podłożu przepuszczalnym. Na podstawie wykonanych obliczeń ustalono, że przy czasie trwania wezbrania 10 dni we wszystkich analizowanych przekrojach występuje zjawisko filtracji ustalonej.

W ramach obliczeń filtracyjnych wyznaczono również gradienty kontrolne w korpusie wału i jego podłożu oraz porównano z gradientami dopuszczalnymi. Ponadto w przekroju PG29/XII - km 2+122, w którym korpus wału posadowiony jest na cienkiej warstwie madowej, określono możliwość przebicia hydraulicznego. Należy zauważyć, że w analizowanym przekroju stwierdzono możliwość powstania przebicia hydraulicznego na odcinkach wału 0+200 – 0+350 i 1+950 – 2+250, w sumie na długości 450 m.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń stateczności dla skarpy odpowietrznej i odwodnej otrzymano współczynniki pewności $F < 1,5$. Wpływ na to ma budowa korpusu z gruntów niespoistych średnio zagęszczonych, wysoki poziom krzywej filtracji oraz zbyt strome nachylenie. W związku z uzyskanymi wynikami obliczeń stateczności nasypu stwierdza się, że analizowany wał nie spełnia wymogów obowiązujących przepisów w zakresie stateczności skarp ziemnych budowli hydrotechnicznych. Bez podjęcia działań zaradczych, może dojść do utraty stateczności skarp wału i w efekcie do przerwania konstrukcji wału oraz zalania terenu zawala.

8.4. BUDOWLE I URZĄDZENIA WAŁOWE

Opis budowli wałowych z podaniem podstawowych parametrów znajduje się w pkt. 4.6.
W poniższej tabeli zamieszczono ocenę stanu technicznego budowli.

Tabela 37 Ocena stanu budowli wałowych

Lp.	Kilometr wału	Rodzaj budowli	Opis
<i>Przejazdy i wjazdy wałowe</i>			
1	0+100	Wjazd	Wjazd międzywale. Nawierzchnia płyty betonowe, szerokość 3,0 m. Stan techniczny dobry.
2	0+114	Wjazd	Wjazd zawale. Nawierzchnia asfalt szerokość 4,3 m. Stan techniczny dobry
3	0+146	Wjazd	Wjazd międzywale. Nawierzchnia żwirowa, szerokość 3,5 m. Stan dostateczny.
4	0+312	Wjazd	Wjazd międzywale, gruntowy, szerokość 3,2 m. Stan techniczny zły.
5	0+379	Wjazd	Wjazd zawale. Nawierzchnia asfalt szerokość 6,0 m. Stan techniczny dobry
6	0+608	Wjazd	Wjazd zawale. Nawierzchnia płyty betonowe szerokość 3,0 m. Stan techniczny dobry
7	1+349	Wjazd	Wjazd międzywale, gruntowy, szerokość 4,0 m. Stan techniczny dostateczny.
8	2+210	Wjazd	Wjazd międzywale, gruntowy, szerokość 3,0 m. Stan techniczny dostateczny.
9	2+819	Wjazd	Wjazd międzywale, gruntowy, szerokość 3,5 m. Stan techniczny dostateczny
10	3+581	Wjazd	Wjazd zawale, gruntowy, szerokość 4,0 m. Stan techniczny dostateczny.
11	4+308	Wjazd	Wjazd międzywale, gruntowy, szerokość 4,0 m. Stan techniczny zły.
12	4+380 – 4+404	Wjazd	Wjazd z korony na kładkę Żerańską. Nawierzchnia betonowa. Stan techniczny dobry.
<i>Schody wałowe</i>			
13	0+197	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,2 m. Stan techniczny dobry
14	0+302	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,2 m. Stan techniczny dobry
15	0+513	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,2 m. Stan techniczny dobry
16	0+737	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,2 m (na ławę przywałową). Stan techniczny dostateczny.
17	0+761	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m. Stan techniczny zły.
18	0+846	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m (na ławę przywałową). Stan techniczny dostateczny.
19	0+955	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m (na ławę przywałową). Stan techniczny dostateczny.
20	1+066	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m (na ławę przywałową). Stan techniczny dostateczny.
21	1+271	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m. Stan techniczny dostateczny.
22	1+274	Schody	Schody betonowe skarpa odwodna szer. 1,0 m. Stan techniczny dostateczny
23	1+282	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m (na ławę przywałową) Stan techniczny dobry.

Lp.	Kilometr wału	Rodzaj budowli	Opis
24	1+504	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m. Stan techniczny dostateczny.
25	1+533	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m. Stan techniczny dostateczny.
26	1+724	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m. . Stan techniczny dostateczny.
27	1+936	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m. . Stan techniczny dostateczny.
28	2+075	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m. . Stan techniczny dostateczny.
29	2+262	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m. . Stan techniczny dostateczny.
30	2+451	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m. . Stan techniczny dostateczny.
31	2+544	Schody	Schody betonowe skarpa odpowietrzna szer. 1,0 m. . Stan techniczny dostateczny.
32	3+124	Schody	Schody betonowe skarpa odwodna szer. 2,0 m. Stan techniczny dobry.
33	3+170	Schody	Schody betonowe skarpa odwodna szer. 2,0 m. Stan techniczny dobry.

8.5. URZĄDZENIA ODWADNIAJĄCE ZAWALE

Zawale odwadniane jest przez kanalizację deszczową. Nie występują urządzenia wałowe związane z odwodnianiem zawala.

8.6. PODSUMOWANIE OCENY I OKREŚLENIE MIEJSC SZCZEGÓLNEGO ZAGROŻENIA

Na podstawie dokonanej oceny można ustalić następujące wnioski:

1. Dla prawego wału rzeki Wisły - wał Gołędzinowski ustalono klasę ważności I.
2. Od km 0+000 - 0+127 i 2+693 – 3+610 wał w postaci typowego nasypu ziemnego o trapezowym przekroju nie występuje. Odcinek ten nie stanowi budowli w wyniku zniszczenia której może nastąpić zalanie terenów chronionych. W związku z tym warunki techniczne i zakazy dotyczące wałów przeciwpowodziowych, na tym odcinku nie powinny obowiązywać.
3. Dla ustalonej klasy ważności budowli wał nie spełnia wymagań w zakresie bezpiecznego wzniesienia korony na długości 2,7 m.
4. Liczne zadrzewienia na konstrukcji nasypu i w trzy metrowym pasie od stopy wału umożliwiają powstanie uprzywilejowanych dróg filtracji stwarzając zagrożenie dla stateczności obwałowania.
5. Na całej analizowanej długości, korpus obwałowania zbudowany jest z gruntów przepuszczalnych, obwałowania posadowione są na podłożu przepuszczalnym oraz na długości 450 m na cienkiej warstwie madowej.
6. Na odcinku gdzie wał posadowiony jest na cienkiej warstwie madowej stwierdzono możliwość przebicia hydraulicznego.

7. Zjawisko filtracji charakterystyczne dla budowli piętrzących zostało sprawdzone w 5 przekrojach geotechnicznych. We wszystkich przekrojach stwierdzono, że. w trakcie wezbrania wystąpią warunki filtracji ustalonej.
8. Gradienty dopuszczalne w korpusie i w podłożu nie są przekroczone.
9. Wał nie spełnia wymogów przedstawionych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie w zakresie stateczności skarp.
10. Stwierdzono, że na odcinku o długości 1988 m nachylenie skarpy odpowietrznej jest większe od 1:2, na odcinku 29 km nachylenie skarpy odwodnej jest większe od 1:2, korona na całym odcinku jest szersza od 3,0 m.
11. Wał nie posiada odpowiednich dróg eksploatacyjnych wzdłuż wału na długości 56 m. Dojazd zewnętrzny do wału jest zapewniony.
12. Z urządzeń infrastruktury technicznej, z którymi koliduje nasyp wału, największe znaczenie mają rurociągi ciepłownicze wbudowane w korpus wału oraz biegnące wzdłuż odpowietrznej skarpy. Urządzenia te mogą stwarzać zagrożenie w prawidłowym funkcjonowaniu wału.
13. Stan przejazdów, wjazdów i schodów jest przeważnie dostateczny.

9. WNIOSKI DOTYCZĄCE POTRZEBY MODERNIZACJI OBWAŁOWANIA

W wyniku analizy stanu technicznego wałów rzeki Wisły, wału Gołędzinowskiego, przeprowadzonej w oparciu o wykonane pomiary, badania, wywiady terenowe oraz obliczenia specjalistyczne, wskazuje się następujący zakres przebudowy obwałowania:

1. Zapewnienie bezpiecznego wyniesienia korony,
2. Poprawę parametrów nasypu przez dogęszczenie istniejącego nasypu,
3. Nadanie parametrów przekroju poprzecznego przez złagodzenie skarp lub budowę ławki dla zapewnienia stateczności konstrukcji,
4. Wykonanie przesłony przeciwiłtracyjnej,
5. Przebudowa rurociągów położonych w korpusie wału i wzdłuż skarpy odpowietrznej.
6. Wykonanie dróg eksploatacyjnych,
7. Usunięcie drzew i zakrzaczeń rosnących na nasypie wału i w trzy metrowym pasie od stopy skarpy.

10. DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA OCENIANEGO OBWAŁOWANIA



Fot. 1 km 0+100 wjazd międzywale widok w górę rzeki



Fot. 2 km 0+312 wjazd międzywale widok w dół rzeki



Fot. 3 km 0+379 wjazd zawale



Fot. 4 km 0+600 rurociąg wzdłuż odpowietrznej skarpy wału



Fot. 5 km 0+810 widok korony i odpowietrznej skarpy wału



Fot. 6 km 0+810 widok korony i odwodnej skarpy wału



Fot. 7 km 1+282 schody skarpa odpowietrzna



Fot. 8 km 1+818 Komora w korpusie wału



Fot. 9 km 2+050 Skarpa odpowietrzna wału i zawale



Fot. 10 km 2+500 Korona i skarpa odwodna - widok w dół rzeki



Fot. 11 km 2+840 Oś ewidencyjnego wału - widok w dół rzeki



Fot. 12 km 3+170 Przęsło mostu Grota Roweckiego – widok w dół rzeki



Fot. 13 km 3+200 OŚ ewidencyjnego wału – widok w dół rzeki



Fot. 14 km 3+700 Korona wału – widok w górę rzeki



Fot. 15 km 3+900 Korona wału – widok w dół rzeki



Fot. 16 km 4+200 Korona wału – widok w dół rzeki



Fot. 17 km 4+380 Wjazd na kładkę

11. CZĘŚĆ GRAFICZNA

- 1.1. Mapa pogładowa skala 1:10 000.
- 1.2. Odcinki wału według kryterium wyniesienia, skala 1:10 000.
- 1.3. Warunki geotechniczne podłoża i korpusu wału, skala 1:10 000.
- 1.4. Inwentaryzacja zagrożeń w pasie 50 m od stopy wału, skala 1:10 000.
- 2.1 – 2.5. Mapa zasadnicza, skala 1:1000. – 5 arkuszy
- 3. Profil podłużny wału, skala 1:100/2000.
- 4.1-4.31. Przekroje poprzeczne wału, skala 1:200 – 31 arkuszy.