

A.B.G. Firma Projektowo - Wykonawcza

80-438 Gdańsk ul. Aldony 8/1
tel./fax 587188784 e-mail: p.milancej@upcpoczta.pl
tel. kom. 602367031 NIP: 957-000-04-96

Konto: PKO Bank Polski S.A.

nr rachunku: 50102055581111109339600047

**ANALIZA WPŁYWU WARUNKÓW HYDRODYNAMICZNYCH
NA PROJEKTOWANĄ WIEŻĘ WIDOKOWĄ
Z ZEJŚCIEM NA PLAŻĘ
W MIEJSCOWOŚCI ŁUKĘCIN, GMINA DZIWNÓW
Działka nr 539/1 i 539/2**

Autor opracowania:

dr inż. Piotr Milancej

dr inż. Piotr Milancej
Rzeczoznawca SITWM NOT
Nr upr. 2115/96
Certyfikat Polskiego Komitetu
Geotechniki nr 0071

Zleceniodawca: Biuro Inżynierskie Anna Gontarz - Bagińska
80-299 Nowy Świat, ul. Nad Jeziorem 13

Gdańsk, luty 2021 r.

SPIS TREŚCI

1. Podstawa, cel i zakres opracowania.	str. 1
2. Zestawienie stosowanych norm i przepisów	str. 1
3. Lokalizacja i opis projektowanej budowli	str. 2
4. Charakterystyka środowiska morskiego	str. 3
4.1. Rozkład i prędkość wiatrów	str. 3
4.2. Zmiany poziomu morza	str. 5
4.3. Falowanie	str. 6
5. Obciążenia hydrodynamiczne budowli od fal załamanych	str. 8
6. Wpływ warunków hydrodynamicznych na projektowany obiekt	str.10
7. Wnioski i uwagi końcowe	str.11

1. PODSTAWA, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Niniejszą analizę wpływu warunków hydrodynamicznych na projektowaną wieżę widokową z zejściem na plażę w Łukęcinie, gmina Dziwnów – działka numer 539/1 i 539/2, opracowano na zlecenie Biura Inżynierskiego Anna Gontarz – Bagińska, 80-299 Gdańsk ul. Nad Jeziorem 13, z dnia 10.02.2021 roku.

Celem niniejszego opracowania jest ustalenie warunków hydrodynamicznych oraz ich wpływu na projektowaną wieżę widokową z zejściem na plażę w Łukęcinie, gmina Dziwnów. Zakres opracowania obejmuje obszar terenu o powierzchni 80,0 m², usytuowany u podnóża zbocza klifu, w odległości 100,0 m od linii brzegowej morza.

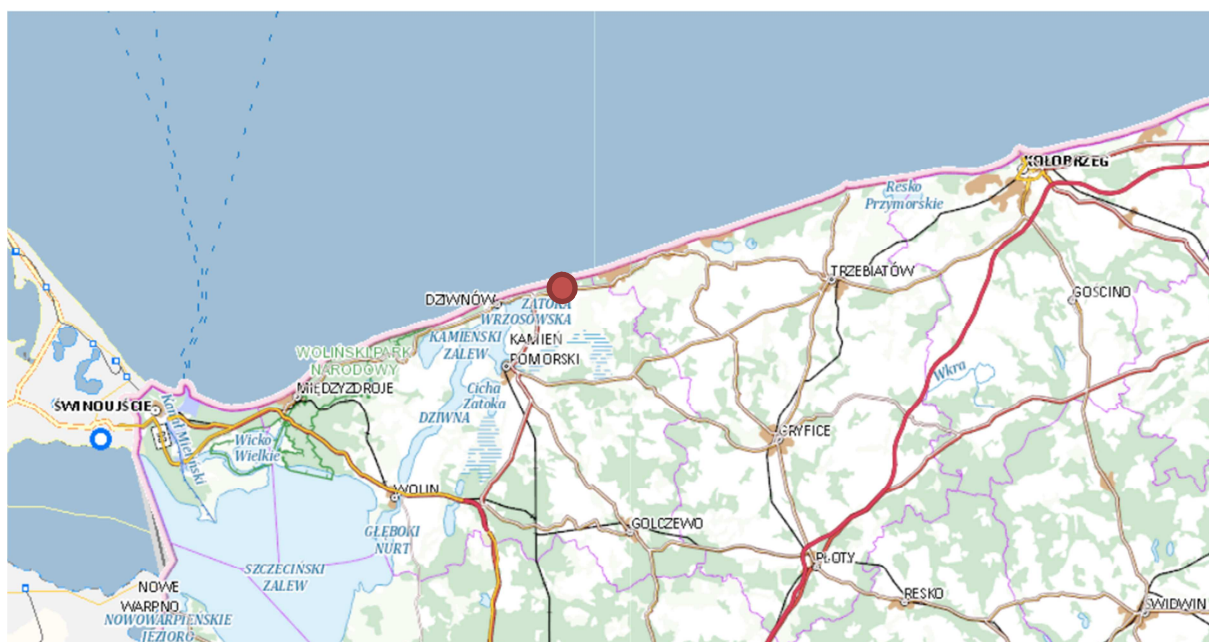
2. ZESTAWIENIE STOSOWANYCH NORM I PRZEPISÓW

W opracowaniu niniejszej analizy hydrodynamicznej korzystano z następujących przepisów budowlanych i polskich norm:

- 1) Ustawa z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo Budowlane.
- 2) Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie.
- 3) Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej z dnia 23 października 2006 roku w sprawie warunków technicznych użytkowania oraz szczegółowego zakresu kontroli morskich budowli hydrotechnicznych.
- 4) B. Mazurkiewicz, F. Wiśniewski „Morskie budowle hydrotechniczne. Zalecenia do projektowania, wykonywania i utrzymania. Wydanie VI”. Wydawnictwo Fundacji Promocji Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej, Gdańsk 2019 r.
- 5) P. Przygodzki, B. Letkiewicz „Charakterystyka wezbrań sztormowych wzdłuż polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego”. Inżynieria Morska i Geotechnika, numer 3/2015.
- 6) S. Massel „Poradnik hydrotechnika. Obciążenia budowli hydrotechnicznych wywołane przez środowisko morskie”. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1992 r.

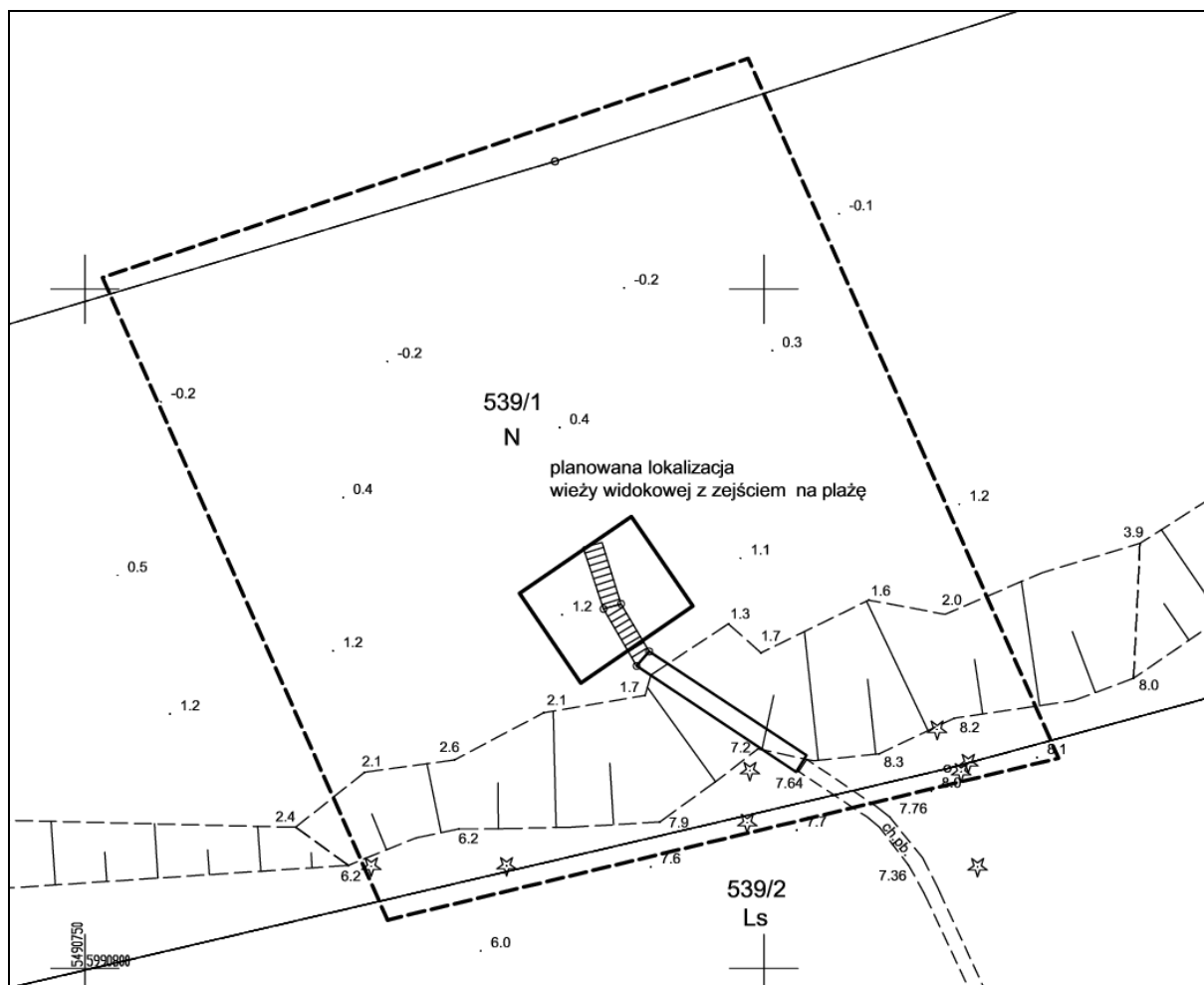
3. LOKALIZACJA I OPIS PROJEKTOWANEJ BUDOWLI

Projektowaną wieżę widokową z zejściem na plażę usytuowano w miejscowości Łukęcin, gmina Dziwnów, na terenie działek budowlanych nr 539/1 i 539/2. Pod względem morfologicznym teren ten stanowi północno – zachodni fragment Pobreża Słowińskiego. Wieżę widokową o konstrukcji drewnianej i wysokości około 7,0 m zlokalizowano na południowo - wschodnim skraju plaży przylegającej do klifu o wysokości około 6,60 m. Linia brzegowa morza znajduje się w odległości 100,0 m na północny – zachód od projektowanej wieży widokowej. Rzędne powierzchni terenu w miejscu projektowanej wieży wynoszą + 1,20 m n.p.m. Planuje się posadowienie projektowanej wieży widokowej z zejściem na plażę na żelbetowych palach wierconych. Lokalizację projektowanej wieży widokowej z zejściem na plażę w miejscowości Łukęcin przedstawiono na rysunku numer 1.



Rys. 1 Lokalizacja projektowanej wieży widokowej z zejściem na plażę w Łukęcinie

W miejscu projektowanej wieży widokowej, obecnie znajduje się stalowy pomost z zejściem na plażę. Stan techniczny pomostu należy ocenić jako zły. Zbocze klifu poniżej istniejącego pomostu zabezpieczono doraźnie przed erozją za pomocą stalowych koszy wypełnionych kamieniami - gabionami oraz workami z piaskiem.



Rys. 2 Plan sytuacyjny projektowanej wieży widokowej z zejściem na plażę w Łukęcinie

4. CHARAKTERYSTYKA ŚRODOWISKA MORSKIEGO

Środowisko morskie w otoczeniu projektowanej wieży widokowej z zejściem na plażę w Łukęcinie, gmina Dziwnów można scharakteryzować za pomocą następujących elementów: ciśnienie meteorologiczne, rozkład i prędkość wiatrów, zmiany poziomów morza oraz falowanie powierzchniowe.

4.1 ROZKŁAD I PRĘDKOŚĆ WIATRÓW

Główną przyczyną tworzenia się wiatrów, decydującą o ich prędkości i kierunku są poziome gradienty ciśnienia w atmosferze. Spadki ciśnienia w atmosferze powstają z powodu różnic gęstości powietrza, które z kolei są wynikiem różnic temperatury. Wiatr powstaje jako naturalna siła dążąca do wyrównania tych różnic.

Kierunek i prędkość wiatru zależą również od ukształtowania i przebiegu linii brzegowej oraz topografii. Na obszarze polskich wybrzeży Morza Bałtyckiego dominują wiatry z sektorów W i SW z częstością występowania od 35 do 50 %. Okres od października do marca określany jest jako sztormowy, ze względu na występowanie w tym czasie najwyższych prędkości wiatru. Ze względu na brak danych ze stacji synoptycznej w rejonie Łukęcina wykorzystano informacje dotyczące wiatru pobrane ze stacji w Świnoujściu.

Prędkość wiatru w rejonie Świnoujścia oraz całej Zatoki Pomorskiej charakteryzuje się niewielkimi wartościami. W okresie od 1986 do 2005 roku średnia miesięczna liczba dni z wiatrem o prędkości powyżej 11 m/s wyniosła dla Świnoujścia 20 dni. Najwyższą prędkość wiatru dla wielolecia 1986 – 2005 odnotowano w dniu 10.04.1986 roku i wynosiła ona 22 m/s. Średnia prędkość wiatru na stacji w Świnoujściu w okresie od 1986 do 2005 roku wynosiła 3,2 m/s, a częstość występowania ciszy 1,9 %. W tabeli numer 1 przedstawiono maksymalne prędkości wiatru w porywach, na wysokości 10,0 m powyżej poziomu gruntu, w terenie otwartym w okresie od 1971 do 2005 roku.

Tabela 1

Maksymalne prędkości wiatru w porywach, na wysokości 10,0 m, w terenie otwartym w Świnoujściu w okresie od 1971 do 2005 roku

Prawdopodobieństwo wystąpienia p [%]	Okres powtarzalności wiatru T_p [lata]	Maksymalna prędkość wiatru v [m/s]
1,0	100	42,3
5,0	20	35,1
10,0	10	31,9
25,0	4	27,4
50,0	2	23,5
99,9	1	13,2

1.2. ZMIANY POZIOMU MORZA

Zmiany nieokresowe poziomu wody w strefie przybrzeżnej są spowodowane działaniem takich czynników jak układy baryczne, oddziaływanie wiatru na powierzchnię morza oraz dopływ wód morskich i rzecznych. Głównym czynnikiem powodującym spiętrzenie wody przy brzegu jest wiatr wiejący prostopadle do linii brzegowej. Charakterystyczne poziomy wody dla stacji brzegowej w Kołobrzegu, określone z 30-lecia od 1951 do 1980 roku przedstawiono w tabeli numer 2.

Tabela 2

Charakterystyczne poziomy wody dla stacji brzegowej w Kołobrzegu
z okresu od 1951 do 1980 roku

Poziom wody	Symbol	Stan wody
Najwyższy poziom morza	WW	630
Wysoki średni poziom morza	SWW	595
Średni poziom morza	SW	498
Niski średni poziom morza	SNW	426
Najniższy poziom morza	NW	370

Poziom zera wodowskazu na stacji brzegowej w Kołobrzegu znajduje się na rzędnej - 5,08 m n.p.m. według poziomu Kronsztadt. W tabeli numer 3 przedstawiono prawdopodobieństwo wystąpienia maksymalnych rocznych poziomów wody w Kołobrzegu z okresu od 1901 do 2006 roku.

Tabela 3

Prawdopodobieństwo wystąpienia maksymalnych rocznych
poziomów wody w Kołobrzegu z okresu od 1901 do 2006 roku

Prawdopodobieństwo wystąpienia p [%]	Okres powtarzalności sztormów T_p [lata]	Maksymalny roczny poziom morza z_p [cm]
1,0	100	688,5
2,0	50	672,9
5,0	20	652,1
10,0	10	636,1
20,0	5	619,3
100,0	1	537,6

4.3. FALOWANIE

Projektowaną wieżę widokową z zejściem na plażę usytuowano w odległości 100,0 m od linii brzegowej morza, w strefie nabiegania fal załamanych. W przypadku naturalnego brzegu morskiego z typowym profilem poprzecznym, ostatnie załamanie fal następuje na skarpie skłonu brzegowego, na przedpolu którego głębokość wody wynosi około 0,50 m. Wysokość ostatniej załamującej się fali H wynosi:

$$H = 0,70 \cdot h = 0,70 \cdot 0,50 = 0,35 \text{ m}$$

W przypadku wystąpienia podwyższonego poziomu wody, w wyniku spiętrzenia sztormowego ostatnie załamanie fali wystąpi także na skarpie skłonu brzegowego, gdzie ma miejsce relatywnie gwałtowna zmiana głębokości wody. Wysokość załamującej się fali będzie odpowiednio większa. Jeżeli poziom wody wzrośnie o wartość z_s ponad stan średni, to wysokość ostatniej załamującej się fali H wyniesie:

$$H = 0,70 \cdot (0,50 + z_s)$$

Przyjmując dla projektowanej budowli okres powtarzalności sztormów $T_p = 20$ lat oraz odpowiadające mu prawdopodobieństwo wystąpienia $p = 5,0 \%$, spiętrzenie sztormowe ponad stan średni $\pm 0,00$ m n.p.m. wyniesie $z_s = 652 - 508 = 144$ cm. Wysokość ostatniej załamującej się fali H wyniesie:

$$H = 0,70 \cdot (0,50 + 1,44) = 1,36 \text{ m}$$

W czasie spiętrzeń sztormowych fale nabiegają na brzeg z częstotliwością co 6 do 8 sekund. Przyjmując okres fali $T = 7$ sekund można wyznaczyć długość fali L dla bardzo małych głębokości ($h < L/20$) równą:

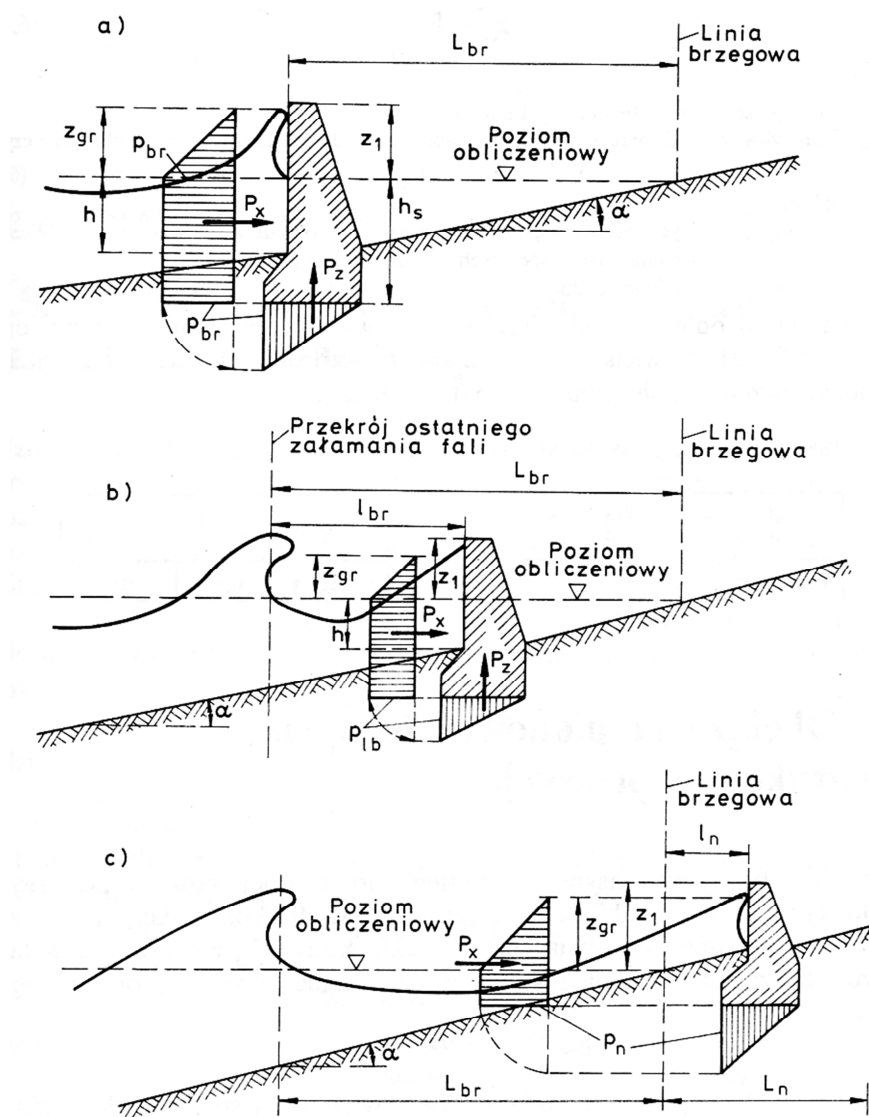
$$L = \sqrt{g \cdot h} \cdot T = \sqrt{9,81 \cdot (0,50 + 1,44)} \cdot 7 \approx 30,0 \text{ m}$$

Wysokość nabiegania fali na brzeg zależy od wysokości fali w momencie ostatniego załamania oraz od wielkości współczynnika odbicia nabiegającej fali od brzegu. W przypadku brzegów nie odbijających fali przyjmuje się, że wysokość nabiegania ponad aktualny poziom jest równa wysokości ostatniej załamującej się fali.

W przypadku występowania średniego stanu wody w morzu wysokość nabiegania fali na brzeg osiąga rzędną $+ 0,35$ m n.p.m. W sytuacji sztormu o prawdopodobieństwie wystąpienia $p = 5,0 \%$ (1 raz na 20 lat) wysokość nabiegania fali na brzeg może osiągać rzędną $+ 2,80$ m n.p.m.

5. OBCIĄŻENIA HYDRODYNAMICZNE BUDOWLI OD FAL ZAŁAMANYCH

Obliczanie obciążeń budowli znajdujących się w obszarze fal załamanych należy wykonać według jednego ze schematów przedstawionych na rysunku numer 2.



Rys. 2 Schematy obciążeń ścian pionowych w różnych punktach strefy brzegowej

- a) budowla posadowiona w miejscu ostatniego załamania fal
- b) budowla posadowiona w pobliżu linii brzegowej
- c) budowla posadowiona na plaży, za linią brzegową

W przypadku budowli posadowionej w miejscu ostatniego załamania fal (schemat a), ciśnienie od fali załamującej się p_{br} na budowlę pionowo ścienną wynosi:

$$p_{br} = \gamma \cdot H \cdot \left(0,033 \cdot \frac{L}{h} + 0,75 \right)$$

$$p_{br} = 10,0 \cdot 1,36 \cdot \left(0,033 \cdot \frac{30,0}{0,50 + 1,44} + 0,75 \right) = 17,1 \text{ kPa}$$

Przewyższenie grzbietu fali załamującej się na ścianie budowli ponad poziom obliczeniowy wyznacza się ze wzoru:

$$z_{gr} = \frac{p_{br}}{\gamma} = \frac{17,1}{10,0} = 1,71 \text{ m}$$

W przypadku budowli posadowionej w pobliżu linii brzegowej (schemat b), ciśnienie falowe p_{lb} na budowlę wynosi:

$$p_{lb} = \left(1 - 0,3 \cdot \frac{l_{br}}{L_{br}} \right) \cdot p_{br}$$

gdzie: l_{br} – odległość od przekroju ostatniego załamania fali do budowli

L_{br} – odległość od przekroju ostatniego załamania fali do linii brzegu

Jeżeli budowla usytuowana jest w linii brzegowej ($l_{br} = L_{br}$) to ciśnienie falowe p_{lb} na budowlę można wyznaczyć z zależności:

$$p_{lb} = 0,70 \cdot p_{br} = 0,70 \cdot 17,1 = 12,0 \text{ kPa}$$

$$z_{gr} = \frac{p_{lb}}{\gamma} = \frac{12,0}{10,0} = 1,20 \text{ m}$$

W przypadku budowli posadowionych na plaży - za linią brzegową (schemat c), ciśnienie na budowlę wywołane falami nabiegającymi p_{nb} oblicza się ze wzoru:

$$p_{nb} = 0,7 \cdot \left(1 - \frac{l_n}{L_n} \right) \cdot p_{br}$$

gdzie: l_n – odległość od linii brzegu do budowli

L_n – odległość od linii brzegu do granicy nabiegania fali na brzeg bez budowli

$$L_n = h_n \cdot m$$

h_n – wysokość nabiegania fali na brzeg

m – nachylenie dna

6. WPŁYW WARUNKÓW HYDRODYNAMICZNYCH NA PROJEKTOWANY OBIEKT

Projektowaną wieżę widokową z zejściem na plażę w Łukęcinie usytuowano na plaży, w odległości 100,0 m od linii brzegowej morza. Średnie nachylenie profilu plaży w kierunku morza wynosi około 1:80. Od strony południowo – wschodniej projektowana wieża przylegać będzie do klifu o wysokości 6,60 m i nachyleniu zbocza 1:1,5. Rzędna powierzchni terenu w miejscu projektowanej wieży wynosi + 1,20 m n.p.m. Rzędna górnej krawędzi klifu wynosi + 7,80 m n.p.m.

W warunkach występowania średnich stanów wody w morzu wysokość nabiegania fal na brzeg – równa wysokości ostatniej załamującej się fali może sięgać rzędnej + 0,35 m n.p.m. Zasięg nabiegania fal wyniesie wtedy $L_n = 28,0$ m i będzie znacznie mniejszy od odległości projektowanej wieży do linii brzegowej równej $l_n = 100,0$ m. W takiej sytuacji projektowany obiekt znajdować się będzie poza zasięgiem oddziaływań hydrodynamicznych morza.

W przypadku wezbrania sztormowego o prawdopodobieństwie wystąpienia $p = 5,0 \%$ (1 raz na 20 lat) wysokość nabiegania fal na brzeg może wzrosnąć do rzędnej + 2,80 m n.p.m. Zasięg nabiegania fal załamanych obejmować będzie całą szerokość plaży oraz częściowo zbocze klifu. Oddziaływania hydrodynamiczne na projektowaną konstrukcję wieży widokowej będą takie jak w przypadku budowli pionowo ściennej posadowionej w pobliżu linii brzegowej (patrz rysunek 2 - schemat b). Ciśnienie falowe na budowlę wyniesie $p_{lb} = 12,0$ kPa, przy przewyższeniu grzbietu fali ponad poziom obliczeniowy (+ 1,44 m n.p.m.) o wartości $z_{gr} = 1,20$ m.

W warunkach sztormowych, na elementy konstrukcji wieży widokowej oddziaływać będą siły hydrodynamiczne od fal załamanych, w postaci poziomego obciążenia trapezowego o wypadkowej P_x oraz w postaci obciążenia trójkątnego o wypadkowej P_z skierowanej pionowo do góry. Obciążenia te należy uwzględnić w obliczeniach statycznych projektowanej konstrukcji.

7. WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE

- 1) Celem niniejszego opracowania jest ustalenie warunków hydrodynamicznych oraz ich wpływu na projektowaną wieżę widokową z zejściem na plażę w Łukęcinie, gmina Dziwnów.
- 2) Projektowaną wieżę widokową o konstrukcji z drewna i wysokości około 7,0 m usytuowano na plaży, w odległości 100,0 m od linii brzegowej morza.
- 3) Od strony południowo – wschodniej projektowana wieża przylegać będzie do klifu o wysokości 6,60 m i nachyleniu zbocza 1:1,5.
- 4) Rzędna powierzchni terenu w miejscu projektowanego posadowienia wieży widokowej wynosi + 1,20 m n.p.m.
- 5) Przyjęto dla projektowanej budowli okres powtarzalności sztormów $T_p = 20$ lat oraz odpowiadające mu prawdopodobieństwo wystąpienia $p = 5,0 \%$.
- 6) W warunkach występowania średnich stanów wody w morzu wysokość nabiegania fal na brzeg może sięgać rzędnej + 0,35 m n.p.m.
- 7) W przypadku wezbrania sztormowego o prawdopodobieństwie wystąpienia $p = 5,0 \%$ wysokość nabiegania fal na brzeg może wzrosnąć do rzędnej + 2,80 m n.p.m.
- 8) W warunkach sztormowych oddziaływania hydrodynamiczne na projektowaną konstrukcję wieży widokowej będą takie jak w przypadku budowli pionowo ściennej posadowionej w pobliżu linii brzegowej; ciśnienie falowe na budowlę wyniesie $p_{lb} = 12,0$ kPa, przy przewyższeniu grzbietu fali ponad poziom obliczeniowy o wartości $z_{gr} = 1,20$ m.
- 9) W warunkach sztormowych, na elementy konstrukcji wieży widokowej oddziaływać będą siły hydrodynamiczne w postaci poziomego obciążenia trapezowego o wypadkowej P_x oraz w postaci obciążenia trójkątnego o wypadkowej P_z skierowanej pionowo do góry.
- 10) Obciążenia hydrodynamiczne występujące w warunkach sztormowych należy uwzględnić w obliczeniach statycznych projektowanej konstrukcji.