



Oprac. nr 441/2014/H-12

Dokumentacja techniczna
oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego
w Porcie Północnym w Gdańsku

Tom 12 – Analiza określająca dynamikę znaku
„spar buoy”

Zlecający: **Urząd Morski w Gdyni**
ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia

AUTOR OPRACOWNIA	dr inż. Tomasz Mioduszewski upraw. bud. POM/0307/PWOK/13 spec. Konstrukcyjno-budowlana	
KIEROWNIK PRACOWNI	mgr inż. Kazimierz Mioduszewski upraw. bud. 543/71/G spec. techn.-bud. inżynieria wodna	

Rozwiązania techniczne przedstawione w niniejszym opracowaniu stanowią wyłączną własność PPBH "AQUAPROJEKT" Gdańsk Sp. z o.o. Mogą być one wykorzystywane i udostępniane innym osobom jedynie na podstawie pisemnego zezwolenia Prezesa Zarządu z zastrzeżeniem wszelkich skutków prawnych.

Gdańsk, październik 2014 r.

SPIS ZAWARTOSCI DOKUMENTACJI

I. Część opisowa	<i>str.</i>
1. Podstawa, cel i zakres opracowania	1
2. Wykorzystane materiały techniczne	2
3. Założenia ogólne do obliczeń	2
3.1 Geometria znaku	3
3.2 Poziomy morza	3
3.3 Falowanie	4
3.4 Wiatry	4
3.5 Lód	4
4. Metodyka obliczeń	5
5. Kąty pochylenia znaku	6
6. Podsumowanie	6

II. Załączniki

Obliczenia

**Dokumentacja techniczna
oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego
w Porcie Północnym w Gdańsku**

Tom 12 – Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”

Opis techniczny

1. PODSTAWA, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

„Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku” została opracowana przez PPBH Aquaprojekt Sp. z o.o. w ramach umowy nr TI.1-BO-3800/78/110/14/14 na wykonanie prac projektowych dotyczących oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku wraz z pełnieniem nadzoru autorskiego, zawartej z Urzędem Morskim w Gdyni.

Opracowanie jest częścią kompleksowej dokumentacji obejmującej poniższe pozycje:

1. Mapa do celów projektowych w skali 1:500
2. Inwentaryzacja fundamentów kratowych staw nabieżnikowych
3. Dokumentacja geologiczno inżynierska
4. Projekt budowlany wraz z wykonawczym fundamentów dla konstrukcji wież strunobetonowych
5. Projekt rozbiórki starych konstrukcji wież
6. Projekt budowlany wraz z wykonawczym wież strunobetonowych
7. Projekt budowlany wraz z wykonawczym wież strunobetonowych – branża elektryczna
8. Aktualizacja projektu pławy PM 2007
9. Aktualizacja projektu pławy PM 2007 – branża elektryczna
10. Aktualizacja projektu znaku „spar buoy”
11. Aktualizacja projektu znaku „spar buoy” – branża elektryczna
- 12. Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”**
13. Specyfikacja techniczna wykonania i odbioru robót budowlanych
14. Przedmiar robót
15. Kosztorys inwestorski
16. Informacja dotycząca bezpieczeństwa i ochrony zdrowia

Niniejsza część dotyczy analizy określającej dynamikę znaku uchylnego „spar-buoy” w związku z zastosowaniem nowego wyposażenia AtoN oraz możliwości posadowienia znaku na akwenach o większej głębokości. W niniejszej analizie

wzięto pod uwagę wpływ falowania, wiatrów oraz lodu. Analizę przeprowadzono dla znaku o dotychczasowej długości oraz dla znaków o planowanym przedłużeniu części podwodnej o 5.0 m. W analizie uwzględniono zaprojektowaną nową głowicę znaku uchylnego umożliwiającą zastosowanie nowego wyposażenia nawigacyjnego (nowego typu paneli słonecznych oraz oświetlenia nawigacyjnego).

2. WYKORZYSTANE MATERIAŁY TECHNICZNE

Przy opracowywaniu niniejszego projektu wykorzystano następujące materiały techniczne:

1. Projekt budowlany toru podejściowego – Nr TI.b.BO/11/I/78/2010; Biuro Projektów „Wuprohyd” Sp. z o.o. Gdynia; maj 2010;
2. Rysunki robocze z modyfikacji znaków nawigacyjnych;
3. Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku; Tom 10. Aktualizacja projektu znaku „spar buoy”; Tom 11. Aktualizacja projektu znaku „spar buoy” – branża elektryczna
4. Wizje lokalne oraz konsultacje projektantów z pracownikami Bazy Oznakowania Nawigacyjnego oraz Wydziału Oznakowania Nawigacyjnego Urzędu Morskiego w Gdyni;

3. ZAŁOŻENIA OGÓLNE DO OBLICZEŃ

Niniejsza analiza skupia się generalnie na przeanalizowaniu wpływu różnorodnych czynników na stateczność uchylnego znaku nawigacyjnego „spar buoy”. W obliczeniach wzięto pod uwagę następujące czynniki mające wpływ na stateczność znaku:

- Geometrię znaku (ciężary oraz ich rozłożenie);
- Wpływ falowania – poziomów wody na statykę znaku;
- Wpływ sił zaburzających równowagę pochodzących od wiatru;
- Wpływ sił pochodzących od lodu – zarówno w momencie ruszania pokrywy lodowej jak i w trakcie pochodu lodów.

Dodatkowo powyższe wpływy przeanalizowano zarówno dla istniejącej wysokości znaku nawigacyjnego, jak i dla sytuacji w której część podwodna znaku zostaje wydłużona o 5.0 m. Założono w takim przypadku, że poziom wody w odniesieniu do znaku pozostanie niezmienny, a zmiana długości podyktowana będzie zmianą głębokości akwenu na której znak zostanie posadowiony.

3.1 GEOMETRIA ZNAKU

Na podstawie istniejącego projektu znaku uchylnego, jak i uwzględniając projektowaną głowicę znaku określono geometrię znaku. W przypadku geometrii skupiono się na 3 aspektach:

- Ciężar elementów konstrukcyjnych bądź wyposażeniowych;
- Położenie środka ciężkości elementu – w momencie wychylenia znaku, masa o większym ramieniu działania będzie powodowała większe wychylenie;
- Wypór poszczególnych elementów zapewniających pływalność znaku.

Zestawienie wszystkich elementów oraz odpowiadający im rozkład masy w świetle całego znaku przedstawiono w punkcie 1.1 (oraz 3.1 dla znaku o zwiększonej długości) obliczeń będących załącznikiem do niniejszej analizy.

3.2 POZIOMY MORZA

Z uwagi na usytuowanie toru podejściowego na akwenie otwartym konieczne jest przeanalizowanie charakterystycznych poziomów wody z różnych, brzegowych stacji pomiarowych. Przyjęto dwie charakterystyczne lokalizacje – na otwartym morzu (pomiar prowadzone w rejonie portów Władysławowo i Hel) oraz w rejonie portu docelowego – tj. Gdańska (pomiar prowadzone w Porcie Północnym). Analizowane pomiary przeprowadzono w okresie ostatnich 25 lat – w latach 1991-2010.

I tak, charakterystyczne poziomy morza dla tych stacji kształtują się następująco:

	Władysławowo / Hel	Gdańsk
najwyższy poziom morza WW	+1.1m <i>ponad poziom zerowy</i>	+1.44m <i>ponad poziom zerowy</i>
średni poziom morza SW	-0.06m <i>poniżej poziomu zerowego</i>	+0.12m <i>ponad poziom zerowy</i>
najniższy poziom morza NW	-0.85m <i>poniżej poziomu zerowego</i>	-0.78m <i>poniżej poziomu zerowego</i>

Ponieważ w obserwacjach w stacji Gdańsk podniósł się w stosunku do założonego poziom SW, należy dane dotyczące WW oraz NW sprowadzić do wartości SW, co da odpowiednio wyniki +1.32 m oraz -0.90 m.

Należy zauważyć, że z uwagi na ukształtowanie linii brzegowej, zmiany poziomów wody będą większe w głąb Zatoki Gdańskiej, która osłonięta przez Półwysep Helski stanowi akwen o częściowo zamkniętej charakterystyce.

Ponieważ tor wodny podejściowy do Portu Północnego w Gdańsku na większej długości przebiega przez akwen oddalony od linii brzegowej jako bardziej miarodajne przyjmuje do analiz stateczności stany wody ze stacji Władysławowo/Hel.

3.3 FALOWANIE

Danymi wyjściowymi do niniejszej analizy były zapisy zawarte w locji Bałtyku a odnoszące się do występujących fal w analizowanym rejonie morza. Jak zapisano w locji, *„Najczęściej występują wysokości fali mniejsze od 3 m, a najliczniej od 1 do 2 m i mniejsze od 1 m.”* W związku z tym, przyjęto, że falą miarodajną dla normalnego okresu użytkowania znaków uchylnych będzie fala o wysokości 1.0 m.

Sytuacja zmienia się diametralnie w okresie sztormowym. Jak zapisano w locji, *„Na obszarach głębokowodnych podczas silnych wiatrów oraz umiarkowanych sztormów wysokość fali o 3% prawdopodobieństwie przewyższenia waha się od 3 do 8 m. W czasie bardzo silnych sztormów w sezonie zimowym jej wysokość przekracza 12 m, jesienią dochodzi do 11 m, wiosną 10 m, a latem 9 m.”* Do analizy, za miarodajną falę sztormową przyjęto falę o wysokości 8.0 m.

3.4 WIATRY

Sytuacja wiatrowa na akwenie przybrzeżnym oraz morskim została opisana w locji Bałtyku. *„Średnia miesięczna prędkość wiatru na pełnym morzu waha się w przedziale od 6–9 m/s (od października do marca) do 4–6 m/s (od maja do września). W sąsiedztwie brzegów te wartości wynoszą odpowiednio 3-6 m/s i 2-5 m/s. Średnia prędkość wiatru osiąga największe wartości jesienią i zimą, a mniejsze wiosną i latem. Nad otwartymi wodami prędkość wiatru z reguły jest większa niż w sąsiedztwie brzegów.”* Do analizy przyjęto wiatry o prędkościach 9 m/s (dla warunków zimowych) oraz 5 m/s (dla warunków letnich). Odpowiada to wartościom 5°B (zimą) i 3°B (latem). Na podstawie prędkości wiatrów obliczono siłę oddziaływania wiatru na konstrukcję, i odpowiednio otrzymano wartości 60.3 N/m² dla warunków zimowych oraz 29.8 N/m² dla warunków letnich.

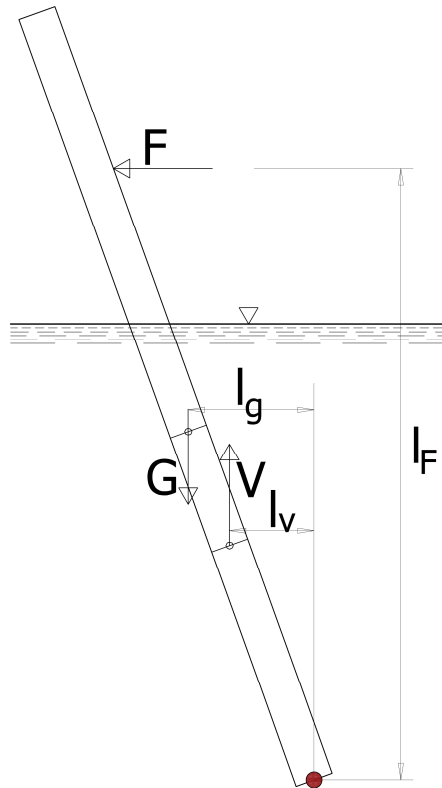
Warunki sztormowe w locji zostały opisane następująco: *„Wiatry sztormowe osiągają zwykle prędkości w przedziale 17.2-24.4 m/s; o większych prędkościach zdarzają się rzadko; w skrajnych przypadkach notowano 34-36 m/s.”* Jako reprezentatywny wiatr sztormowy przyjęto 24.4. m/s, co odpowiada 10°B, a oddziałuje na konstrukcję z siłą 367 N/m².

3.5 LÓD

Obliczenia oddziaływania lody przeprowadzono na podstawie "Morskie budowle hydrotechniczne. Zalecenia do projektowania i wykonywania. Zalecenie nr Z 20 Oddziaływanie lodu na morskie budowle hydrotechniczne". Grubość powłoki lodowej określono w przedmiotowym zaleceniu na podstawie analizowanego akwenu. Dla akwenu przed Gdańskiem i Świbnem grubość lodu określono na 0.45 m.

4. METODYKA OBLICZEŃ

Stateczność znaku uchylnego bazuje na równowadze momentów pochodzących od sił wywracających oraz utrzymujących znak w pozycji pionowej.



Do sił powodujących momenty wywracające należą:

- Siły od czynników zewnętrznych takich jak wiatr, lód etc. (na powyższym schemacie oznaczonych wspólnie jako F);
- Ciężar konstrukcji G ;

Siłą utrzymującą znak w pozycji pionowej jest siła wyporu (oznaczona jako V).

Po pojawieniu się sił zewnętrznych, wszystkie siły zaczynają wytwarzać momenty, ponieważ siły G i V działające pionowo zostają przemieszczone względem przegubu. I tak, równanie równowagi momentów przybierze postać:

$$F \cdot l_F + G \cdot l_G = V \cdot l_V$$

Po przekształceniu powyższego równania otrzymano równanie na kąt wychylenia znaku w zależności od panujących warunków:

$$\phi = \arctg (F \cdot l_F / (V \cdot l_V - G \cdot l_G))$$

Należy zwrócić uwagę, że siła wyporu zależy od głębokości wody. Wypór zmieniał się będzie zarówno w przypadku zmiany poziomu wody (stany wody, falowanie) jak i w przypadku pochylenia się znaku – zmiana pochylenia wywoła zmianę długości odcinka znaku zanurzonego w wodzie. Wszystkie te czynniki zostały uwzględniona w niniejszej analizie.

Z uwagi na charakterystykę zjawisk, kombinację obciążeń zastosowano w przypadku zmiany stanów wody, falowania oraz wiatrów. Obciążenie lodem zostało uwzględnione osobno (obliczenia dla SW, braku falowania oraz przy wietrze charakterystycznym dla okresu zimowego).

5. KĄTY POCHYLENIA ZNAKU

Poziom morza	Warunki wiatrowe	Warunki falowe	Wychylenie maksymalne znaku dotychczasowej wysokości	Wychylenie maksymalne znaku wysokość zwiększona o 5.0 m
SW	letnie	brak fali	$\phi=2.6^{\circ}$	$\phi=1.1^{\circ}$
SW	zimowe	brak fali	$\phi=5.2^{\circ}$	$\phi=2.3^{\circ}$
SW	letnie	grzbiet	$\phi=2.2^{\circ}$	$\phi=1.0^{\circ}$
SW	zimowe	grzbiet	$\phi=4.4^{\circ}$	$\phi=2.1^{\circ}$
SW	letnie	dolina	$\phi=3.1^{\circ}$	$\phi=1.2^{\circ}$
SW	zimowe	dolina	$\phi=6.2^{\circ}$	$\phi=2.5^{\circ}$
WW	letnie	brak fali	$\phi=1.9^{\circ}$	$\phi=0.9^{\circ}$
WW	zimowe	brak fali	$\phi=3.7^{\circ}$	$\phi=1.9^{\circ}$
WW	letnie	grzbiet	$\phi=1.6^{\circ}$	$\phi=0.9^{\circ}$
WW	zimowe	grzbiet	$\phi=3.3^{\circ}$	$\phi=1.8^{\circ}$
NW	letnie	brak fali	$\phi=3.6^{\circ}$	$\phi=1.3^{\circ}$
NW	zimowe	brak fali	$\phi=7.1^{\circ}$	$\phi=2.6^{\circ}$
NW	letnie	dolina	$\phi=10.1^{\circ}$	$\phi=2.4^{\circ}$
NW	zimowe	dolina	$\phi=12.3^{\circ}$	$\phi=4.4^{\circ}$
WW	sztormowe	brak fali	$\phi=18.5^{\circ}$	$\phi=10.9^{\circ}$
WW	sztormowe	grzbiet fali sztormowej	$\phi=9.7^{\circ}$	$\phi=6.8^{\circ}$
NW	sztormowe	brak fali	$\phi=26.2^{\circ}$	$\phi=14.3^{\circ}$
NW	sztormowe	dolina fali sztormowej	$\phi=48.6^{\circ}$	$\phi=38.9^{\circ}$

6. PŁYWALNOŚĆ ZNAKU

W toku prowadzenia obliczeń sprawdzono, przy jakiej wysokości fali (przy jakim poziomie wody) znak utraci pływalność – masa znaku będzie większa od wyporu rury i pływaka. Założono, że sprawdzenie pływalności należy dokonać dla znaku znajdującego

się w pozycji pionowej, gdyż pochylenie znaku skutkuje wydłużeniem części zanurzonej, a co za tym idzie poprawieniem warunków (nie zmienia się masa, wypór rośnie).

Obliczenia przeprowadzono iteracyjnie, analizując wypór w funkcji zmieniającego się poziomu wody. Obliczono, że dla istniejącej długości znaku, utraci on pływalność przy poziomie wody obniżonym o 2.52 m w stosunku do średniego poziomu wody (czyli dla doliny fali wysokości 5.05 m przy średnim stanie wody). Dla znaku wydłużonego o 5.0 m, obniżenie zwierciadła powodujące utratę pływalności wynosi 2.85 m (czyli występuje np. przy dolinie fali o wysokości 5.70 m przy średnim stanie wody).

7. PODSUMOWANIE

Analizując powyższe wartości wychyleń znaku uchylnego można stwierdzić że dotychczasowa konstrukcja (o wysokości wg projektu pierwotnego) pracuje poprawnie w normalnych warunkach. Wychylenia znaku o kąt do około 5° można przyjąć za nieznaczące. W okresach występowania niskiej wody NW wychylenie znaku może wzrosnąć do około $10^\circ \div 12^\circ$.


Jedynie w przypadku wystąpienia jednoczesnych zjawisk sztormowych połączonych ze stanem niskiej wody oraz sztormowej fali, znak wykazuje zdecydowanie nadmierne pochylenie – dochodzące nawet do 48.6° .

Tak duże wychylenie znaku spowodowane jest znacznym obniżeniem wyporu znaku. Obniżenie poziomu wody o 0.85 m wynikające ze stanu morza NW oraz uwzględnienie poziomu wody wynikające z doliny fali (obniżenie o dalsze 4.0 m) powoduje, że nie tylko rura nośna znaku jest odsłonięta, ale również cały pływak wypornościowy znajduje się nad wodą (dolna krawędź zbiornika znajduje się 4.3 m poniżej SW). Bez uwzględnienia pochylenia znaku w obliczeniach długości odcinka zanurzonego, znak absolutnie nie zachowuje stateczności. Przy uwzględnieniu pochylenia znaku, stan równowagi zostaje osiągnięty właśnie przy wychyleniu 48.6° (wówczas rzeczywista długość odcinka zanurzonego wynosi 10.7 m, przy głębokości wody w osi znaku wynoszącej 6.85 m).

Wydłużenie znaku (ponieważ według założeń przyjętych do obliczeń zwiększa się wówczas wypór) poprawia stabilność znaku – w każdym przypadku wartości wychyleń są mniejsze. Szczególnie objawia się to w warunkach sztormowych, gdzie niski poziom wody znacząco zmniejsza siły wyporu które rekompensowane są większą długością części zanurzonej.

dr inż. Tomasz Mioduszeński

Gdańsk, październik 2014 r

	Strona	Projekt nr
	1/16	441/2014/H-12
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”	Opracował	Rewizja
	Tomasz Mioduszeński	0
Inwestor		Data
Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia		paź 2014

1. Obliczenie stateczności pływającego znaku nawigacyjnego

$$\gamma_{st} := 7850 \frac{kg}{m^3}$$

1.1 Obliczenie masy i wysokości środka ciężkości

Masy poszczególnych elementów:

Odległość COG od punktu zamocowania:

Ilość elementów:

1) Blacha HARDOX

$$m_1 := 476825 \text{ mm}^2 \cdot 20 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_1 := 327 \text{ mm}$$

$$i_1 := 2$$

2) Rura dolna stawy $l_{r_d} := 12545 \text{ mm}$

$$m_2 := \frac{\pi}{4} \cdot \left((711 \text{ mm})^2 - (686 \text{ mm})^2 \right) \cdot l_{r_d} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_2 := 155 \text{ mm} + \frac{l_{r_d}}{2}$$

$$i_2 := 1$$

3) Pływak - stożek Góra pływaka w odl. $d := 2.0 \text{ m}$ poniżej łączenia rury.

$$m_3 := \pi \cdot \sqrt{(650 \text{ mm})^2 + \left(\frac{2020 \text{ mm}}{2} - \frac{711 \text{ mm}}{2} \right)^2} \cdot \left(\frac{2020 \text{ mm}}{2} + \frac{711 \text{ mm}}{2} \right) \cdot 6 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_3 := 155 \text{ mm} + l_{r_d} - d - \frac{3300 \text{ mm}}{2}$$

$$i_3 := 2$$

4) Pływak - blacha dookoła

$$m_4 := \frac{\pi}{4} \cdot \left((2000 \text{ mm})^2 - (1988 \text{ mm})^2 \right) \cdot 2000 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_4 := z_3$$

$$i_4 := 1$$

5) Pływak - blacha pozioma

$$m_5 := \frac{\pi}{4} \cdot (2020 \text{ mm})^2 \cdot 6 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_5 := z_3$$

$$i_5 := 2$$

6) Pływak - usztywnienia

$$m_6 := (654 \text{ mm} \cdot 2000 \text{ mm} - 775454 \text{ mm}^2) \cdot 8 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_6 := z_3$$

$$i_6 := 4$$

7) Pływak - uszy

$$m_7 := 81541 \text{ mm}^2 \cdot 12 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_7 := 6996 \text{ mm}$$

$$i_7 := 2$$

8) Kołnierze - usztywnienie

$$m_8 := \frac{1}{2} \cdot 150 \text{ mm} \cdot 70 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_8 := 155 \text{ mm} + l_{r_d} + 30 \text{ mm}$$

$$i_8 := 2 \cdot 12$$

9) Kołnierze

$$m_9 := \frac{\pi}{4} \cdot (860 \text{ mm})^2 \cdot 30 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_9 := z_8$$

$$i_9 := 2$$

10) Stopnie

$$m_{10} := 20 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm} \cdot 815 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_{10} := z_8 + 2815 \text{ mm}$$

$$i_{10} := 13$$

11) Wzmocnienie rury

$$m_{11} := \frac{\pi}{4} \cdot \left((686 \text{ mm})^2 - (486 \text{ mm})^2 \right) \cdot 12 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_{11} := z_8 + 2355 \text{ mm}$$


$$i_{11} := 2$$

12) Rura $l_{r_g} := 5180 \text{ mm}$

$$m_{12} := \frac{\pi}{4} \cdot \left((711 \text{ mm})^2 - (686 \text{ mm})^2 \right) \cdot l_{r_g} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_{12} := z_8 + \frac{l_{r_g}}{2}$$

$$i_{12} := 1$$

	Strona	Projekt nr
	2/16	441/2014/H-12
		Rewizja
		0
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku	Opracował	Data
	Tomasz Mioduszeowski	paź 2014
Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”	Inwestor	Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia

13) Dekiel

$$m_{13} := \frac{\pi}{4} \cdot (731 \text{ mm})^2 \cdot 10 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_{13} := z_8 + l_{r_g} + \frac{10 \text{ mm}}{2}$$

$$i_{13} := 1$$

14) Wsporniki: bl. 120x14 i 250÷50x14 + C zim 40x30x3

$$m_{14} := \left((120 \cdot 14 + 150 \cdot 14) \text{ mm}^2 \cdot \gamma_{st} + 2 \cdot 0.07 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) \cdot 1.17 \text{ m}$$

$$z_{14} := z_8 + l_{r_g} + 5 \text{ mm} - 110 \text{ mm}$$

$$i_{14} := 6$$

15) Ramka wokół wsporników L60x6

$$m_{15} := 5.42 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (0.5 \text{ m} + 1.1 \text{ m})$$

$$z_{15} := z_{13}$$

$$i_{15} := 6$$

16) Blachy pod solary

$$m_{16} := 1.1 \text{ m} \cdot 1.7 \text{ m} \cdot 4 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_{16} := z_{13} + \frac{1.7 \text{ m}}{2}$$

$$i_{16} := 6$$

17) Rama nad solarami/poręcz L60x6

$$m_{17} := 5.42 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 1.1 \text{ m}$$

$$z_{17} := z_{13} + 1.7 \text{ m}$$

$$i_{17} := 6$$

18) Pionowe wsporniki solarów L60x6

$$m_{18} := 5.42 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 1.7 \text{ m}$$

$$z_{18} := z_{16}$$

$$i_{18} := 2 \cdot 6$$

19) Skrzynia z aku i osprzętem

$$m_{19} := 5.1 \text{ kg} + 300 \text{ kg} + 6 \cdot 21.2 \text{ kg}$$

$$z_{19} := z_{13} + \frac{1295 \text{ mm}}{2}$$

$$i_{19} := 1$$

20) Lampa

$$m_{20} := 4.5 \text{ kg} \cdot 2 + 355 \text{ g}$$

$$z_{20} := z_{13} + 2.0 \text{ m}$$

$$i_{20} := 1$$

21) Kratka zgrzewana 34.3*50.8 z pł. 40/4

$$m_{21} := 45 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \frac{11822 \text{ cm}^2}{2}$$

$$z_{21} := z_{13} + \frac{10 \text{ mm}}{2} + 40 \text{ mm}$$

$$i_{21} := 5$$

Obliczenie całkowitej masy, sumy momentów oraz wypadkowego COG:

for j ∈ 1 .. length(m)

M:=M+ m_j · i_j

V_j:= m_j · i_j · z_j · g_e

V:=V+ v_j

Masa całkowita znaku:

M= 7245.8013 kg

Suma momentów:

V= 782.35 kN m

Obliczenie wypadkowego środka ciężkości:

$$Z := \frac{V}{M \cdot g_e} = 11.01 \text{ m}$$

1.2 Obliczenie objętości jednostkowych części podwodnych stawy

Rura stalowa znaku (przy średnim stanie wody SW):

Długość odcinka rury pod wodą:


$$L_r := l_{r_d} - 1000 \text{ mm} = 11.545 \text{ m}$$

Średnica wewnętrzna rury:

$$d_w := 711 \text{ mm} - 2 \cdot 12.5 \text{ mm}$$

Objętość jednostkowa:

$$V_1 := \left(d_w \right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 0.37 \frac{\text{m}^3}{\text{m}}$$

	Strona 3/16	Projekt nr 441/2014/H-12
		Rewizja 0
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”	Opracował Tomasz Mioduszcwski	Data paź 2014
	Inwestor Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia	

Zbiornik wypornościowy (łączenie rurą stalową znajdującą się w środku):

Objętość: walec: $V_W := \frac{\pi}{4} \cdot (2020 \text{ mm})^2 \cdot 2000 \text{ mm} = 6.41 \text{ m}^3$

stożek: $V_S := \frac{\pi \cdot 650 \text{ mm}}{3} \cdot \left(\left(\frac{2020 \text{ mm}}{2} \right)^2 + \frac{2020 \text{ mm}}{2} \cdot \frac{711 \text{ mm}}{2} + \left(\frac{711 \text{ mm}}{2} \right)^2 \right) = 1.02 \text{ m}^3$

jednostkowa: $V_2 := \frac{V_W + 2 \cdot V_S}{3300 \text{ mm}} = 2.56 \frac{\text{m}}{\text{m}}$

1.3 Poziomy charakterystyczne konstrukcji oraz wody

Poziomy charakterystyczne konstrukcji:

$p_0 := 0 \text{ m}$ Poziom zamocowania - przegub

$p_1 := 155 \text{ mm}$ Dolna krawędź rury

$p_2 := p_1 + l_{r_d} - 2 \cdot 1000 \text{ mm} - 3300 \text{ mm} = 7.4 \text{ m}$ Dolna krawędź pływaka

$p_3 := p_2 + 3300 \text{ mm} = 10.7 \text{ m}$ Górna krawędź pływaka

$p_4 := p_1 + l_{r_d} = 12.7 \text{ m}$ Poziom połączenia dolnej i górnej rury

Poziomy charakterystyczne wody:

Podstawowy poziom wody - SW $p_{w0} := p_4 - 1000 \text{ mm} = 11.7 \text{ m}$ (wyniki: 1.5.1÷1.5.3)

Woda wysoka: $WW := 1.1 \text{ m}$ $p_{wW} := p_{w0} + WW = 12.8 \text{ m}$ (wyniki: 1.5.4 i 1.5.8)

Woda niska: $NW := -0.85 \text{ m}$ $p_{wN} := p_{w0} + NW = 10.85 \text{ m}$ (wyniki: 1.5.6 i 1.5.10)

Fala normalna: $f_n := 1 \text{ m}$

Woda wysoka z uwzg. wys. fali: $p_{wWf} := p_{wW} + \frac{f_n}{2} = 13.3 \text{ m}$ (wyniki: 1.5.5)

Woda niska z uwzg. wys. fali: $p_{wNf} := p_{wN} - \frac{f_n}{2} = 10.35 \text{ m}$ (wyniki: 1.5.7)

Fala sztormowa: $f_{sz} := 8 \text{ m}$

Woda wysoka z uwzg. wys. fali sztormowej: $p_{wWsz} := p_{wW} + \frac{f_{sz}}{2} = 16.8 \text{ m}$ (wyniki: 1.5.9)

Woda niska z uwzg. wys. fali sztormowej: $p_{wNsz} := p_{wN} - \frac{f_{sz}}{2} = 6.85 \text{ m}$ (wyniki: 1.5.11)

1.4 Oddziaływanie wiatru

Powierzchnia nawiewu - rura (SW) / ramię działania siły:


$S_r := 711 \text{ mm} \cdot (l_{r_g} + 1000 \text{ mm}) \cdot 0.6 = 2.6364 \text{ m}^2$

$R_r := 155 \text{ mm} + l_{r_d} - 1000 \text{ mm} + \frac{1000 \text{ mm} + l_r}{2} = 14.79 \text{ m}$

Powierzchnia nawiewu - rura (WW) / ramię działania siły:

$S_{rW} := 711 \text{ mm} \cdot (l_{r_g} + 1000 \text{ mm} - WW) \cdot 0.6 = 2.1671 \text{ m}^2$

$R_{rW} := 155 \text{ mm} + l_{r_d} - 1000 \text{ mm} + WW + \frac{1000 \text{ mm} - WW + l_r}{2} = 15.34 \text{ m}$

	Strona 4/16	Projekt nr 441/2014/H-12
		Rewizja 0
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku	Opracował Tomasz Mioduszeński	Data paź 2014
	Inwestor Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia	
Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”		
Powierzchnia nawiewu - rura (NW) / ramię działania siły: $S_{rN} := 711 \text{ mm} \cdot (1r_g + 1000 \text{ mm} - NW) \cdot 0.6 = 2.999 \text{ m}^2$ $R_{rN} := 155 \text{ mm} + 1r_d - 1000 \text{ mm} + NW + \frac{1000 \text{ mm} - NW + 1r_g}{2} = 14.36 \text{ m}$		
Wieżyczka - podkład obsługowy obudowany panelami solarnymi / ramię działania siły: $h := 1.45 \text{ m} + 12.5 \text{ cm} = 1.58 \text{ m} \quad c_f := 1.6 \quad d_{zast} := 3.11 \text{ m}$ $S_w := d_{zast} \cdot h \cdot c_f = 7.84 \text{ m}^2$ $R_w := 155 \text{ mm} + 1r_d + 1r_g + \frac{h}{2} = 18.67 \text{ m}$		
Ciśnienie od wiatru: Wiatr normalny - lato - 3°B $v_1 := 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad q_{p1} := 29.8 \text{ Pa}$ Wiatr normalny - zima - 5°B $v_z := 9 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad q_{pz} := 60.3 \text{ Pa}$ Wiatr sztormowy - 10°B $v_{sz} := 24.4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad q_{psz} := 367 \text{ Pa}$		
Moment pochylający (SW): $M_l := q_{p1} \cdot (S_r \cdot R_r + S_w \cdot R_w) = 5.52 \text{ kN m}$ $M_z := q_{pz} \cdot (S_r \cdot R_r + S_w \cdot R_w) = 11.17 \text{ kN m}$ $M_{sz} := q_{psz} \cdot (S_r \cdot R_r + S_w \cdot R_w) = 68 \text{ kN m}$		
Moment pochylający (WW): $M_{lW} := q_{p1} \cdot (S_{rW} \cdot R_{rW} + S_w \cdot R_w) = 5.35 \text{ kN m}$ $M_{zW} := q_{pz} \cdot (S_{rW} \cdot R_{rW} + S_w \cdot R_w) = 10.83 \text{ kN m}$ $M_{szW} := q_{psz} \cdot (S_{rW} \cdot R_{rW} + S_w \cdot R_w) = 65.89 \text{ kN m}$		
Moment pochylający (SN): $M_{lN} := q_{p1} \cdot (S_{rN} \cdot R_{rN} + S_w \cdot R_w) = 5.64 \text{ kN m}$ $M_{zN} := q_{pz} \cdot (S_{rN} \cdot R_{rN} + S_w \cdot R_w) = 11.42 \text{ kN m}$ $M_{szN} := q_{psz} \cdot (S_{rN} \cdot R_{rN} + S_w \cdot R_w) = 69.5 \text{ kN m}$		
1.5 Obliczenie całkowitego wyporu i momentu prostującego (z uwzględnieniem stanów wody, falowania oraz pochylenia stawy) Obliczenia przeprowadzono iteracyjnie - tak aby uwzględniały zmianę wysokości zanurzenia stawy wywołaną zmianą jej pochylenia.		
1.5.1 Obliczenie dla SW bez uwzględnienia falowania Poziom wody (od przegubu): $p_w := 11.7 \text{ m}$ wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 2.6 \text{ deg}$ Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 11.71 \text{ m}$ Wypór całkowity: $V := 112.88 \text{ kN}$ wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 5.2 \text{ deg}$ Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 11.75 \text{ m}$ Wypór całkowity: $V := 113.01 \text{ kN}$		

1.5.2 Obliczenie dla SW z uwzględnieniem falowania (grzbiet fali normalnej)

Poziom wody (od przegubu): $p_{\text{Ta7}} := 12.2 \text{ m}$

wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, grzbiet fali: $\varphi := 2.2 \text{ deg}$

Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{w\text{w}} = 12.21 \text{ m}$

Wypór całkowity: $V := 114.68 \text{ kN}$

wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, grzbiet fali: $\varphi := 4.4 \text{ deg}$

Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{WW} = 12.24 \text{ m}$

Wypór całkowity: $V := 114.78 \text{ kN}$

1.5.3 Obliczenie dla SW z uwzględnieniem falowania (dolina fali normalnej)

Poziom wody (od przegubu): $p_{\text{Ta7}} := 11.2 \text{ m}$

wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, dolina fali: $\varphi := 3.1 \text{ deg}$

Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{w/w} = 11.22 \text{ m}$

Wypór całkowity: $V := 111.09 \text{ kN}$

wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, dolina fali: $\varphi := 6.2 \text{ deg}$

Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{\text{wz}} = 11.27 \text{ m}$

Wypór całkowity: $V := 111.27 \text{ kN}$

1.5.4 Obliczenie dla WW bez uwzględnienia falowania

Poziom wody (od przegubu): $p_w := 12.8 \text{ m}$

wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, bez uwzględnienia falowania: $\varphi = 1.9 \text{ deg}$

Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{\text{włwł}} := 12.81 \text{ m}$

Wypór całkowity: $V := 116.85 \text{ kN}$

wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 3.7 \text{ deg}$

Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{\text{wz}} = 12.83 \text{ m}$

Wypór całkowity: $V := 116.93 \text{ kN}$

1.5.5 Obliczenie dla WW z uwzględnieniem falowania (grzbiet fali normalnej)

Poziom wody (od przegubu): $p_{\text{Ta7}} := 13.3 \text{ m}$

wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, grzbiet fali: $\varphi := 1.6 \text{ deg}$

Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{w/w} = 13.31 \text{ m}$

Wypór całkowity: $V := 118.66 \text{ kN}$

wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, grzbiet fali: $\varphi := 3.3 \text{ deg}$

Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{\text{wz}} = 13.32 \text{ m}$

Wypór całkowity: $V := 118.72 \text{ kN}$


1.5.6 Obliczenie dla NW bez uwzględnienia falowania

Poziom wody (od przegubu): $p_{\text{wz}} := 10.8 \text{ m}$

wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 3.6 \text{ deg}$

Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{wz} = 10.87 \text{ m}$

Wypór całkowity: $V := 109.84 \text{ kN}$

	Strona 6/16	Projekt nr 441/2014/H-12
		Rewizja 0
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”	Opracował Tomasz Mioduszcwski	Data paź 2014
	Inwestor Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia	
wchylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 7.11 \text{ deg}$ Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 10.93 \text{ m}$ Wypór całkowity: $V := 110.06 \text{ kN}$		
1.5.7 Obliczenie dla NW z uwzględnieniem falowania (dolina fali normalnej) Poziom wody (od przegubu): $p_w := 10.35 \text{ m}$ wchylenie maksymalne znaku - warunki letnie, grzbiet fali: $\varphi := 10.1 \text{ deg}$ Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 10.51 \text{ m}$ Wypór całkowity: $V := 104.55 \text{ kN}$ wchylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, grzbiet fali: $\varphi := 12.3 \text{ deg}$ Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 10.59 \text{ m}$ Wypór całkowity: $V := 106.49 \text{ kN}$		
1.5.8 Obliczenie dla WW bez uwzględnienia falowania (wiatr sztormowy) Poziom wody (od przegubu): $p_w := 12.8 \text{ m}$ wchylenie maksymalne znaku - warunki sztormowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 18.51 \text{ deg}$ Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 13.50 \text{ m}$ Wypór całkowity: $V := 119.36 \text{ kN}$		
1.5.9 Obliczenie dla WW z uwzględnieniem falowania - grzbiet fali sztormowej (wiatr sztormowy) Poziom wody (od przegubu): $p_w := 16.8 \text{ m}$ wchylenie maksymalne znaku - warunki sztormowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 9.67 \text{ deg}$ Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 17.04 \text{ m}$ Wypór całkowity: $V := 132.2 \text{ kN}$		
1.5.10 Obliczenie dla NW bez uwzględnienia falowania (wiatr sztormowy) Poziom wody (od przegubu): $p_w := 10.85 \text{ m}$ wchylenie maksymalne znaku - warunki sztormowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 26.23 \text{ deg}$ Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 12.10 \text{ m}$ Wypór całkowity: $V := 114.27 \text{ kN}$		
1.5.11 Obliczenie dla NW z uwzględnieniem falowania - dolina fali sztormowej (wiatr sztormowy) Poziom wody (od przegubu): $p_w := 6.85 \text{ m}$ wchylenie maksymalne znaku - warunki sztormowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 48.6 \text{ deg}$ Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 10.62 \text{ m}$ Wypór całkowity: $V := 107.29 \text{ kN}$		

Tytuł opracowania

Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku
Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”

Opracował

Tomasz Mioduszewski

Data

paź 2014

Inwestor

Urząd Morski w Gdyni

2. Oddziaływania lodu

2.1. Oddziaływanie poziome od parcia pływającej pokrywy lodowej na morskie budowle hydrotechniczne (budowla z rzędu pionowych podpór)

Typ akwenu, na którym znajduje się budowla		otwarty	
Lokalizacja budowli		przed Świbnem i Gdańskiem	
Średnica pala	bk	0,711	m
Konsekwencje zniszczenia - zagrożenie życia		małe	
Konsekwencje zniszczenia - straty materialne		małe	
Kształt pala		kołowy lub wielokąt	
osiowy rozstaw podpór	lp	100	m
GRUBOŚĆ LODU			
grubość lodu z obserwacji	h1	0,45	m
współczynnik stopnienia lodu	m1	1	-
współczynnik spiętrzenia kry lodowej	m2	1	-
obliczeniowa grubość lodu	h0	0,45	m
stosunek szer. budowli do grub. lodu	bk/h0	1,58	-
OBL. POZIOMY ZWIERCIADŁA WODY			
oddziaływanie lodu rozpatruje się przy poziomach SWW i SNW przyjmując, że wypadkowe oddziaływanie lodu występują poniżej tych poziomów o 0,3·h0, a więc 0,135m			
OBLICZENIOWE WYTRZYMAŁOŚCI LODU			
1) Okres ruszania lodów przy poziomie SNW			
wytrzymałość na ściskanie	Rść	550	kPa
wytrzymałość na zginanie	Rzg	275	kPa
współczynnik korekcyjny	k	2,24	-
wytrzymałość na kruszenie	Rkr	1231,45	kPa
2) Okres pochodzenia lodów przy poziomie SWW			
wytrzymałość na ściskanie	Rść	350	kPa
wytrzymałość na zginanie	Rzg	175	kPa
współczynnik korekcyjny	k	2,24	-
wytrzymałość na kruszenie	Rkr	783,65	kPa
WSPÓŁCZYNNIKI OBCIĄŻEŃ OBLICZENIOWYCH			
częściowy współczynnik bezpieczeństwa	γf	1,3	-
współczynniki konsekwencji zniszczenia	γn1	0,9	-
	γn2	0,9	-
	γn	0,81	-
ODDZIAŁYWANIE LODU PŁYWAJĄCEGO			
współczynnik kształtu	m3	0,9	
siła charakterystyczna wypadkowa pozioma dla okresu ruszania lodów	Hlk	197,12	kN
siła obliczeniowa wypadkowa pozioma dla okresu ruszania lodów	HI	207,57	kN
siła charakterystyczna wypadkowa pozioma dla okresu pochodzenia lodów	Hlk	125,44	kN
siła obliczeniowa wypadkowa pozioma dla okresu pochodzenia lodów	HI	132,09	kN

Tytuł opracowania

Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku
Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”

Opracował

Tomasz Mioduszewski

Data

paź 2014

Inwestor

Urząd Morski w Gdyni

2.2. Oddziaływanie poziome od parcia stałej pokrywy lodowej na morskie budowle hydrotechniczne (w wyniku rozszerzania się pokrywy lodowej pod wpływem zmian temperatury)

Typ akwenu		otwarty
Lokalizacja budowli		przed Świbnem i Gdańskiem
Rozciągłość pokrywy lodowej	RI	120
Konsekwencje zniszczenia - zagrożenie życia		małe
Konsekwencje zniszczenia - straty materialne		małe
pomierzona grubość lodu stałego	hl	0,45 m
współczynnik wpływu rozmiaru pokrywy	kr	0,7 -
częściowy współczynnik bezpieczeństwa	γf	1,3 -
współczynniki konsekwencji zniszczenia	γn1	0,9 -
	γn2	0,9 -
	γn	0,81 -
charakterystyczne poziome oddziaływanie	qlk	47,25 kN/m
obliczeniowe poziome oddziaływanie	ql	49,75 kN/m
W przypadku, gdy ściany (konstrukcje) zamykające akwen (basen) są nachylone do poziomu pod kątem mniejszym niż 40°, można nie uwzględnić parci pokrywy lodowej od zmian temperatury lodu.		

Tytuł opracowania

Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku
Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”

Opracował

Tomasz Mioduszeński

Data


paź 2014

Inwestor

Urząd Morski w Gdyni

2.3. Oddziaływanie przymarzniętej pokrywy lodowej na pale pojedyncze lub na grupy pali

Typ akwenu, na którym znajduje się budowla		otwarty
Lokalizacja budowli		przed Świbnem i Gdańskiem
Pojedynczy pal / grupa pali		pojedynczy pal
Średnica pojedynczego pala	D	0,711 m
Wymiary prostokątnego obrysu grupy pali	a	- m
	b	- m
Konsekwencje zniszczenia - zagrożenie życia		małe
Konsekwencje zniszczenia - straty materialne		małe
grubość lodu z obserwacji	hl	0,45 m
1) Okres ruszania lodów przy poziomie SNW		
wytrzymałość na ściskanie	Rśc	550 kPa
wytrzymałość na zginanie	Rzg	275 kPa
2) Okres pochodzenia lodów przy poziomie SWW		
wytrzymałość na ściskanie	Rśc	350 kPa
wytrzymałość na zginanie	Rzg	175 kPa
częściowy współczynnik bezpieczeństwa	γf	1,3 -
wsp. konsekwencji zniszczenia	γn1	0,9 -
	γn2	0,9 -
	γn	0,81 -
średnica pala lub obrys prostokątny grupy	D	0,711 m
stosunek średnicy pala do grubości lodu	D/hl	1,58 -
współczynnik wpływu średnicy	kp	0,29 -
charakterystyczne pionowe oddziaływanie lodu dla okresu ruszania lodów	Ql _{pk}	16,09 kN
obliczeniowe pionowe oddziaływanie lodu dla okresu ruszania lodów	Ql _p	16,95 kN
charakterystyczne pionowe oddziaływanie lodu dla okresu pochodzenia lodów	Ql _{pk}	10,24 kN
obliczeniowe pionowe oddziaływanie lodu dla okresu pochodzenia lodów	Ql _p	10,78 kN

	Strona 10/16	Projekt nr 441/2014/H-12
		Rewizja 0
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”	Opracował Tomasz Mioduszeński	Data paź 2014
	Inwestor	Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia

2.4 Obliczenie wychyleń stawy przy oddziaływaniu lodem

2.4.1 Parcie pływającej pokrywy lodowej

Siła obliczeniowa wypadkowa pozioma dla okresu ruszania lodów

$$H_{1r} := 207.57 \text{ kN}$$

Siła obliczeniowa wypadkowa pozioma dla okresu pochołu lodów

$$H_{1p} := 132.09 \text{ kN}$$

Ramię oddziaływania siły pochodzącej od pokrywy lodowej

$$l_1 := p_4 - 1.0 \text{ m} = 11.7 \text{ m}$$

2.4.2 Parcie stałej pokrywy lodowej (rozszerzanie się lodu - zmiany temperatury)

Obliczeniowe poziome oddziaływanie

$$q_1 := 49.75 \text{ kN}$$

Ramię oddziaływania siły pochodzącej od pokrywy lodowej

$$l_1 = 11.7 \text{ m}$$


2.4.3 Oddziaływanie przymarzniętej pokrywy lodowej

Obliczeniowe pionowe oddziaływanie lodu dla okresu ruszania lodów

$$Q_{1r} := 16.95 \text{ kN}$$

Obliczeniowe pionowe oddziaływanie lodu dla okresu pochołu lodów

$$Q_{1p} := 10.78 \text{ kN}$$

	Strona	Projekt nr
	11/16	441/2014/H-12
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”	Opracował	Rewizja
	Tomasz Mioduszeński	0
Inwestor		Data
Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia		paź 2014

3. Obliczenie stateczności pływającego znaku nawigacyjnego o wydłużonej części dolnej

$$\gamma_{st} := 7850 \frac{kg}{m^3}$$

3.1 Obliczenie masy i wysokości środka ciężkości

Masy poszczególnych elementów:

Odległość COG od punktu zamocowania:

Ilość elementów:

1) Blacha HARDOX

$$m_1 := 476825 \text{ mm}^2 \cdot 20 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_1 := 327 \text{ mm}$$

$$i_1 := 2$$

2) Rura dolna stawy $l_{r_d} := 12545 \text{ mm} + 5.0 \text{ m}$

$$m_2 := \frac{\pi}{4} \cdot \left((711 \text{ mm})^2 - (686 \text{ mm})^2 \right) \cdot l_{r_d} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_2 := 155 \text{ mm} + \frac{l_{r_d}}{2}$$

$$i_2 := 1$$

3) Pływak - stożek Góra pływaka w odl. $d := 2.0 \text{ m}$ poniżej łączenia rury.

$$m_3 := \pi \cdot \sqrt{\left((650 \text{ mm})^2 + \left(\frac{2020 \text{ mm}}{2} - \frac{711 \text{ mm}}{2} \right)^2 \right)} \cdot \left(\frac{2020 \text{ mm}}{2} + \frac{711 \text{ mm}}{2} \right) \cdot 6 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_3 := 155 \text{ mm} + l_{r_d} - d - \frac{3300 \text{ mm}}{2}$$

$$i_3 := 2$$

4) Pływak - blacha dookoła

$$m_4 := \frac{\pi}{4} \cdot \left((2000 \text{ mm})^2 - (1988 \text{ mm})^2 \right) \cdot 2000 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_4 := z_3$$

$$i_4 := 1$$

5) Pływak - blacha pozioma

$$m_5 := \frac{\pi}{4} \cdot (2020 \text{ mm})^2 \cdot 6 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_5 := z_3$$

$$i_5 := 2$$

6) Pływak - usztywnienia

$$m_6 := (654 \text{ mm} \cdot 2000 \text{ mm} - 775454 \text{ mm}^2) \cdot 8 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_6 := z_3$$

$$i_6 := 4$$

7) Pływak - uszy

$$m_7 := 81541 \text{ mm}^2 \cdot 12 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_7 := 6996 \text{ mm}$$

$$i_7 := 2$$

8) Kołnierze - usztywnienie

$$m_8 := \frac{1}{2} \cdot 150 \text{ mm} \cdot 70 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_8 := 155 \text{ mm} + l_{r_d} + 30 \text{ mm}$$

$$i_8 := 2 \cdot 12$$

9) Kołnierze

$$m_9 := \frac{\pi}{4} \cdot (860 \text{ mm})^2 \cdot 30 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_9 := z_8$$

$$i_9 := 2$$

10) Stopnie

$$m_{10} := 20 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm} \cdot 815 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_{10} := z_8 + 2815 \text{ mm}$$

$$i_{10} := 13$$

11) Wzmocnienie rury

$$m_{11} := \frac{\pi}{4} \cdot \left((686 \text{ mm})^2 - (486 \text{ mm})^2 \right) \cdot 12 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_{11} := z_8 + 2355 \text{ mm}$$


$$i_{11} := 2$$


12) Rura $l_{r_g} := 5180 \text{ mm}$

$$m_{12} := \frac{\pi}{4} \cdot \left((711 \text{ mm})^2 - (686 \text{ mm})^2 \right) \cdot l_{r_g} \cdot \gamma_{st}$$

$$z_{12} := z_8 + \frac{l_{r_g}}{2}$$

$$i_{12} := 1$$

	Strona 12/16	Projekt nr 441/2014/H-12
		Rewizja 0
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”	Opracował Tomasz Mioduszeński	Data paź 2014
	Inwestor Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia	
13) Dekiel $m_{13} := \frac{\pi}{4} \cdot (731 \text{ mm})^2 \cdot 10 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$ $z_{13} := z_8 + l_{r_g} + \frac{10 \text{ mm}}{2}$ $i_{13} := 1$		
14) Wsporniki: bl. 120x10 i 200÷50x10 + C zim 40x30x3 $m_{14} := \left((120 \cdot 10 + 125 \cdot 10) \text{ mm}^2 \cdot \gamma_{st} + 2 \cdot 0.07 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) \cdot 1.17 \text{ m}$ $z_{14} := z_8 + l_{r_g} + 5 \text{ mm} - 110 \text{ mm}$ $i_{14} := 6$		
15) Ramka wokół wsporników L60x6 $m_{15} := 5.42 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (0.5 \text{ m} + 1.1 \text{ m})$ $z_{15} := z_{13}$ $i_{15} := 6$		
16) Blachy pod solary $m_{16} := 1.1 \text{ m} \cdot 1.7 \text{ m} \cdot 4 \text{ mm} \cdot \gamma_{st}$ $z_{16} := z_{13} + \frac{1.7 \text{ m}}{2}$ $i_{16} := 6$		
17) Rama nad solarami/poręcz L60x6 $m_{17} := 5.42 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 1.1 \text{ m}$ $z_{17} := z_{13} + 1.7 \text{ m}$ $i_{17} := 6$		
18) Pionowe wsporniki solarów L60x6 $m_{18} := 5.42 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 1.7 \text{ m}$ $z_{18} := z_{16}$ $i_{18} := 2 \cdot 6$		
19) Skrzynia z aku i osprzętem $m_{19} := 5.1 \text{ kg} + 300 \text{ kg} + 6 \cdot 21.2 \text{ kg}$ $z_{19} := z_{13} + \frac{1295 \text{ mm}}{2}$ $i_{19} := 1$		
20) Lampa $m_{20} := 4.5 \text{ kg} \cdot 2 + 355 \text{ g}$ $z_{20} := z_{13} + 2.0 \text{ m}$ $i_{20} := 1$		
21) Kratka zgrzewana 34.3*50.8 z pł. 40/4 $m_{21} := 45 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 11822 \text{ cm}^2$ $z_{21} := z_{13} + \frac{10 \text{ mm}}{2} + 40 \text{ mm}$ $i_{21} := 5$		
Obliczenie całkowitej masy, sumy momentów oraz wypadkowego COG: for j ∈ 1 .. length(m) M:= M+ m _j · i _j v _j := m _j · i _j · z _j · g _e V:= V+ v _j		
Masa całkowita znaku: $M = 8249.1377 \text{ kg}$		
Suma momentów: $V = 1141.19 \text{ kN m}$		
Obliczenie wypadkowego środka ciężkości: $Z := \frac{V}{M \cdot g_e} = 14.11 \text{ m}$		
3.2 Obliczenie objętości jednostkowych części podwodnych stawy		
Rura stalowa znaku (przy średnim stanie wody SW):		
Długość odcinka rury pod wodą: $L_r := l_{r_d} - 1000 \text{ mm} = 16.545 \text{ m}$		
Średnica wewnętrzna rury: $d_w := 711 \text{ mm} - 2 \cdot 12.5 \text{ mm}$		
Objętość jednostkowa: $V_1 := \left(d_w \right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 0.37 \frac{\text{m}^3}{\text{m}}$		

	Strona 13/16	Projekt nr 441/2014/H-12
		Rewizja 0
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku	Opracował Tomasz Mioduszcwski	Data paź 2014
	Inwestor Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia	
Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”		

Zbiornik wypornościowy (łączenie rurą stalową znajdującą się w środku):

Objętość: walec: $V_W := \frac{\pi}{4} \cdot (2020 \text{ mm})^2 \cdot 2000 \text{ mm} = 6.41 \text{ m}^3$

stożek: $V_S := \frac{\pi \cdot 650 \text{ mm}}{3} \cdot \left(\left(\frac{2020 \text{ mm}}{2} \right)^2 + \frac{2020 \text{ mm}}{2} \cdot \frac{711 \text{ mm}}{2} + \left(\frac{711 \text{ mm}}{2} \right)^2 \right) = 1.02 \text{ m}^3$

jednostkowa: $V_2 := \frac{V_W + 2 \cdot V_S}{3300 \text{ mm}} = 2.56 \frac{\text{m}}{\text{m}}$

3.3 Poziomy charakterystyczne konstrukcji oraz wody

Poziomy charakterystyczne konstrukcji:

$p_0 := 0 \text{ m}$ Poziom zamocowania - przegub

$p_1 := 155 \text{ mm}$ Dolna krawędź rury

$p_2 := p_1 + l_{r_d} - 2 \cdot 1000 \text{ mm} - 3300 \text{ mm} = 12.4 \text{ m}$ Dolna krawędź pływaka

$p_3 := p_2 + 3300 \text{ mm} = 15.7 \text{ m}$ Górna krawędź pływaka

$p_4 := p_1 + l_{r_d} = 17.7 \text{ m}$ Poziom połączenia dolnej i górnej rury

Poziomy charakterystyczne wody:

Podstawowy poziom wody - SW $p_{w0} := p_4 - 1000 \text{ mm} = 16.7 \text{ m}$ (wyniki: 3.5.1÷3.5.3)

Woda wysoka: $WW := 1.1 \text{ m}$ $p_{wW} := p_{w0} + WW = 17.8 \text{ m}$ (wyniki: 3.5.4 i 3.5.8)

Woda niska: $NW := -0.85 \text{ m}$ $p_{wN} := p_{w0} + NW = 15.85 \text{ m}$ (wyniki: 3.5.6 i 3.5.10)

Fala normalna: $f_n := 1 \text{ m}$

Woda wysoka z uwzg. wys. fali: $p_{wWf} := p_{wW} + \frac{f_n}{2} = 18.3 \text{ m}$ (wyniki: 3.5.5)

Woda niska z uwzg. wys. fali: $p_{wNf} := p_{wN} - \frac{f_n}{2} = 15.35 \text{ m}$ (wyniki: 3.5.7)

Fala sztormowa: $f_{sz} := 8 \text{ m}$

Woda wysoka z uwzg. wys. fali sztormowej: $p_{wWsZ} := p_{wW} + \frac{f_{sz}}{2} = 21.8 \text{ m}$ (wyniki: 3.5.9)

Woda niska z uwzg. wys. fali sztormowej: $p_{wNsZ} := p_{wN} - \frac{f_{sz}}{2} = 11.85 \text{ m}$ (wyniki: 3.5.11)

3.4 Oddziaływanie wiatru

Powierzchnia nawiewu - rura (SW) / ramię działania siły:


$S_r := 711 \text{ mm} \cdot (l_{r_g} + 1000 \text{ mm}) \cdot 0.6 = 2.6364 \text{ m}^2$

$R_r := 155 \text{ mm} + l_{r_d} - 1000 \text{ mm} + \frac{1000 \text{ mm} + l_r}{2} = 19.79 \text{ m}$

Powierzchnia nawiewu - rura (WW) / ramię działania siły:

$S_{rW} := 711 \text{ mm} \cdot (l_{r_g} + 1000 \text{ mm} - WW) \cdot 0.6 = 2.1671 \text{ m}^2$

$R_{rW} := 155 \text{ mm} + l_{r_d} - 1000 \text{ mm} + WW + \frac{1000 \text{ mm} - WW + l_r}{2} = 20.34 \text{ m}$

	Strona 14/16		Projekt nr 441/2014/H-12
			Rewizja 0
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku	Opracował Tomasz Mioduszeński		Data paź 2014
	Inwestor Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia		
Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”			
Powierzchnia nawiewu - rura (NW) / ramię działania siły:			
$S_{rN} := 711 \text{ mm} \cdot (1r_g + 1000 \text{ mm} - NW) \cdot 0.6 = 2.999 \text{ m}^2$			
$R_{rN} := 155 \text{ mm} + 1r_d - 1000 \text{ mm} + NW + \frac{1000 \text{ mm} - NW + 1r_g}{2} = 19.36 \text{ m}$			
Wieżyczka - podkład obsługowy obudowany panelami solarnymi / ramię działania siły:			
$h := 1.45 \text{ m} + 12.5 \text{ cm} = 1.58 \text{ m} \quad c_f := 1.6 \quad d_{zast} := 3.11 \text{ m}$			
$S_w := d_{zast} \cdot h \cdot c_f = 7.84 \text{ m}^2$			
$R_w := 155 \text{ mm} + 1r_d + 1r_g + \frac{h}{2} = 23.67 \text{ m}$			
Ciśnienie od wiatru:			
Wiatr normalny - lato - 3°B $v_1 := 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $q_{p1} := 29.8 \text{ Pa}$			
Wiatr normalny - zima - 5°B $v_z := 9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $q_{pz} := 60.3 \text{ Pa}$			
Wiatr sztormowy - 10°B $v_{sz} := 24.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $q_{psz} := 367 \text{ Pa}$			
Moment pochylający (SW):			
$M_l := q_{p1} \cdot (S_r \cdot R_r + S_w \cdot R_w) = 7.08 \text{ kN m}$			
$M_z := q_{pz} \cdot (S_r \cdot R_r + S_w \cdot R_w) = 14.33 \text{ kN m}$			
$M_{sz} := q_{psz} \cdot (S_r \cdot R_r + S_w \cdot R_w) = 87.22 \text{ kN m}$			
Moment pochylający (WW):			
$M_{lW} := q_{p1} \cdot (S_{rW} \cdot R_{rW} + S_w \cdot R_w) = 6.84 \text{ kN m}$			
$M_{zW} := q_{pz} \cdot (S_{rW} \cdot R_{rW} + S_w \cdot R_w) = 13.84 \text{ kN m}$			
$M_{szW} := q_{psz} \cdot (S_{rW} \cdot R_{rW} + S_w \cdot R_w) = 84.25 \text{ kN m}$			
Moment pochylający (SN):			
$M_{lN} := q_{p1} \cdot (S_{rN} \cdot R_{rN} + S_w \cdot R_w) = 7.26 \text{ kN m}$			
$M_{zN} := q_{pz} \cdot (S_{rN} \cdot R_{rN} + S_w \cdot R_w) = 14.69 \text{ kN m}$			
$M_{szN} := q_{psz} \cdot (S_{rN} \cdot R_{rN} + S_w \cdot R_w) = 89.39 \text{ kN m}$			
3.5 Obliczenie całkowitego wyporu i momentu prostującego (z uwzględnieniem stanów wody, falowania oraz pochylenia stawy)			
Obliczenia przeprowadzono iteracyjnie - tak aby uwzględniały zmianę wysokości zanurzenia stawy wywołaną zmianą jej pochylenia.			
3.5.1 Obliczenie dla SW bez uwzględnienia falowania			
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 16.7 \text{ m}$			
wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 1.1 \text{ deg}$			
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 16.70 \text{ m}$			
Wypór całkowity: $V := 130.97 \text{ kN}$			
wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 2.3 \text{ deg}$			
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 16.71 \text{ m}$			
Wypór całkowity: $V := 131.01 \text{ kN}$			

	Strona	Projekt nr
	15/16	441/2014/H-12
		Rewizja
		0
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku	Opracował	Data
	Tomasz Mioduszeński	paź 2014
Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”	Inwestor	Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia
3.5.2 Obliczenie dla SW z uwzględnieniem falowania (grzbiet fali normalnej)		
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 17.2\text{ m}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, grzbiet fali: $\varphi := 1.0\text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 17.20\text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 132.78\text{ kN}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, grzbiet fali: $\varphi := 2.1\text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 17.21\text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 132.82\text{ kN}$		
3.5.3 Obliczenie dla SW z uwzględnieniem falowania (dolina fali normalnej)		
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 16.2\text{ m}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, dolina fali: $\varphi := 1.2\text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 16.20\text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 129.16\text{ kN}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, dolina fali: $\varphi := 2.47\text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 16.22\text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 129.2\text{ kN}$		
3.5.4 Obliczenie dla WW bez uwzględnienia falowania		
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 17.8\text{ m}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 0.9\text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 17.80\text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 134.96\text{ kN}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 1.9\text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 17.81\text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 134.99\text{ kN}$		
3.5.5 Obliczenie dla WW z uwzględnieniem falowania (grzbiet fali normalnej)		
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 18.3\text{ m}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, grzbiet fali: $\varphi := 0.9\text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 18.3\text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 136.77\text{ kN}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, grzbiet fali: $\varphi := 1.8\text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 18.31\text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 136.79\text{ kN}$		
3.5.6 Obliczenie dla NW bez uwzględnienia falowania		
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 15.85\text{ m}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 1.3\text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 15.85\text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 127.90\text{ kN}$		

	Strona	Projekt nr
	16/16	441/2014/H-12
		Rewizja
		0
Tytuł opracowania Dokumentacja techniczna oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego w Porcie Północnym w Gdańsku	Opracował	Data
	Tomasz Mioduszcwski	paź 2014
Cz.12 Analiza określająca dynamikę znaku „spar buoy”	Investor	Urząd Morski w Gdyni ul. Chrzanowskiego 10, 81-338 Gdynia
wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 2.6 \text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 15.87 \text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 127.94 \text{ kN}$		
3.5.7 Obliczenie dla NW z uwzględnieniem falowania (dolina fali normalnej)		
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 15.35 \text{ m}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki letnie, grzbiet fali: $\varphi := 2.4 \text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 15.36 \text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 118.87 \text{ kN}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki zimowe, grzbiet fali: $\varphi := 4.4 \text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 15.40 \text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 119.71 \text{ kN}$		
3.5.8 Obliczenie dla WW bez uwzględnienia falowania (wiatr sztormowy)		
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 17.8 \text{ m}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki sztormowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 10.93 \text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 18.13 \text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 136.14 \text{ kN}$		
3.5.9 Obliczenie dla WW z uwzględnieniem falowania - grzbiet fali sztormowej (wiatr sztormowy)		
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 21.8 \text{ m}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki sztormowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 6.8 \text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 21.96 \text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 150.01 \text{ kN}$		
3.5.10 Obliczenie dla NW bez uwzględnienia falowania (wiatr sztormowy)		
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 15.85 \text{ m}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki sztormowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 14.34 \text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 16.36 \text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 129.73 \text{ kN}$		
3.5.11 Obliczenie dla NW z uwzględnieniem falowania - dolina fali sztormowej (wiatr sztormowy)		
Poziom wody (od przegubu): $p_w := 11.85 \text{ m}$		
wychylenie maksymalne znaku - warunki sztormowe, bez uwzględnienia falowania: $\varphi := 38.9 \text{ deg}$		
Poziom wody z uwzględnieniem pochylenia znaku: $p_{ww} := 15.20 \text{ m}$		
Wypór całkowity: $V := 114.74 \text{ kN}$		