

Nowe stawy nawigacyjne na torze podejściowym do portu Świnoujście

Mgr inż. Jerzy Dążkiewicz, mgr inż. Anna Zadreckowska
„PROJMORS” Biuro Projektów Budownictwa Morskiego Sp. z o.o., Gdańsk

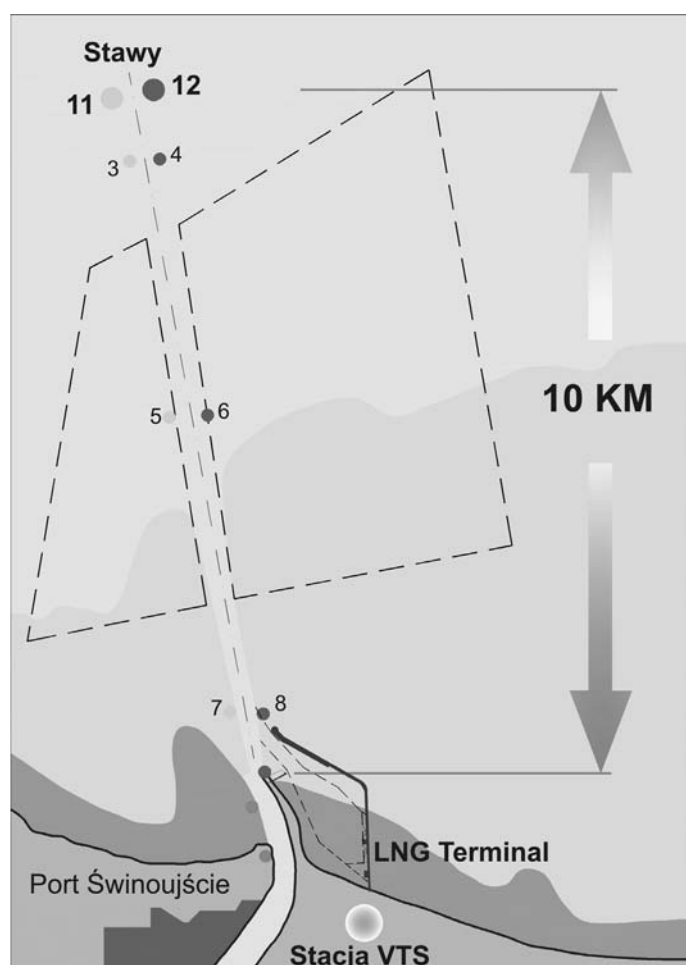
Budowa portu zewnętrznego w Świnoujściu oraz terminalu LNG do przeładunku skroplonego gazu wymusiła dostosowanie istniejącego toru podejściowego do przewidywanej nawigacji gazowców LNG, które pojawiają się po uruchomieniu terminalu na torze podejściowym do portu.

Zapewnienie odpowiednio wysokiego poziomu bezpieczeństwa manewrowania gazowców, na drogach wodnych prowadzących do terminalu LNG stanowi podstawowe zagadnienie, które należy rozwiązać przy projektowaniu dróg wodnych i określeniu ich warunków eksploatacji. Zadanie to sprowadzało się do sprecyzowania dla poszczególnych odcinków podejścia do portu parametrów bezpiecznego akwenu manewrowego (odpowiednią szerokość i głębokość) zaprojektowania systemu określania pozycji (tj. ustalenie wymogów, jakie musi spełnić system określania pozycji wraz z wyborem systemów określania pozycji) oraz określenie parametrów systemów nawigacyjnych.

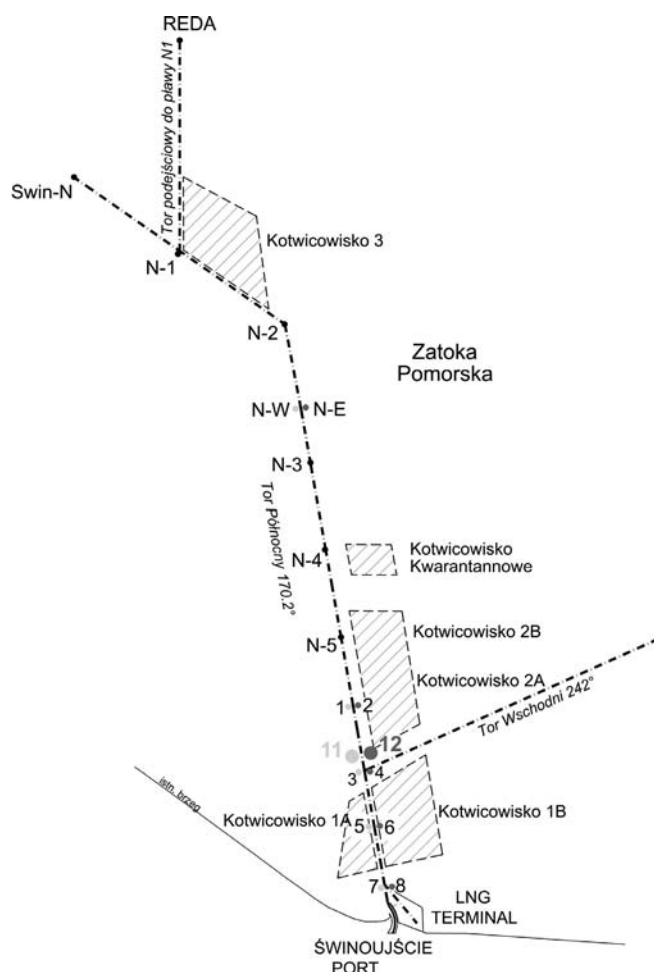
Wykonany przez Akademię Morską w Szczecinie w kwietniu 2012 roku projekt [1] wykazał, m.in. że na odcinku toru podejściowego północnego, wyznaczonym przez parę pław 1-2 oraz 7-8 (od 12,4 km do 1,3 km) istniejące oznakowanie na-

wigacyjne (rys. 2) nie spełnia warunków dostępności dla terystrycznych i radarowych metod określenia pozycji (ze względu na możliwość zdryfowania pław w warunkach lodowych), a także uniemożliwiają budowę (lokalizację) hydrometeorologicznej stacji pomiarowej służącej do zapewnienia bezpiecznej eksploatacji gazowców LNG. Stąd zaistniała konieczność wykonania nowego oznakowania nawigacyjnego toru podejściowego północnego w postaci dwóch stałych znaków nawigacyjnych, które zapewnią odpowiedni poziom bezpieczeństwa żeglugi (dokładność pozycji, dostępność systemu, bezpieczną eksploatację gazowca).

Nowe stawy będą usytuowane po obu stronach toru podejściowego północnego, w pobliżu obecnie funkcjonujących pław 3 i 4 (rys. 1 i 2). Rozstaw staw wyniesie 270 m. Nowe znaki nawigacyjne, oznaczone jako 11 i 12, będą wybudowane w odległości około 10 km od wschodniej główki falochronu portu Świnoujście oraz w odległości około 1 km od granicy państwa. Lokalizację staw nawigacyjnych określono następująco: od strony zachodniej – znak nr 11, od strony wschodniej – znak nr 12. Odległość staw nie będzie przekraczać 15 km od stacji VTS.



Rys. 1. Lokalizacja nowych staw nawigacyjnych na torze podejściowym (3 ÷ 8 – istniejące znaki nawigacyjne; 11 i 12 – projektowane stawy nawigacyjne)



Rys. 2. Schemat toru podejściowego do Świnoujścia (11 i 12 – nowe znaki nawigacyjne)

Tabl. 1. Wykaz jednostek obsługowych

Nazwa	Długość całkowita	Szerokość całkowita	Zanurzenie
Planeta	61,32 m	10,81 m	3,19 m
Malwina	17,75 m	4,20 m	1,50 m
Syriusz	23,16 m	6,80 m	1,80 m
Galaktyka	29,20 m	6,82 m	1,75 m
Planowana jednostka wielozadaniowa	60,40 m	11,80 m	3,50 m

Znaki nawigacyjne, pomimo ich wyposażenia o wysokim standardzie, będą obsługiwane przez jednostki pływające Urzędu Morskiego w Szczecinie. W tabl. 1 podano charakterystyczne parametry tych jednostek.

ISTNIEJĄCY TOR PODEJŚCIOWY DO PORTU ŚWINOUJŚCIE

Do portu zewnętrznego w Świnoujściu prowadzi droga wodna (rys. 2) przechodząca przez Zatokę Pomorską z kierunku zachodniego, ale także północnego i wschodniego. Główny tor wodny biegnie od pławy „REDA” do pławy „N-1”, przechodząc równolegle do wspólnej granicy między morzem terytorialnym Rzeczypospolitej Polskiej i Niemiec. Od strony zachodniej tor wodny rozpoczyna się przy pławie „ŚWIN-N” na morzu terytorialnym Niemiec na wschód od Wyspy Rugia i prowadzi do pławy „N-1”. Naturalna minimalna głębokość akwenu, przez który przechodzi zachodni tor podejściowy wynosi 15,1 m. Północna część toru podejściowego prowadzi od pławy „N-1” (43,175 km) do pławy „N-2” (35,6 km) i dalej do 15,0 km toru (rejon pław „1” i „2”). Minimalną jego głębokość 14,4 m przy szerokości 200 m ÷ 220 m zapewniają w dużym stopniu naturalne głębokości akwenu z wyjątkiem odcinka (27,8 km ÷ 31,4 km) położonego na północ od pławy „N-3”, który jest pogłębionym torem wodnym. Południowa część toru podejściowego biegnie od 15,0 km toru do wschodniej główki portu Świnoujście (0,0 km). Jest to pogłębiony tor wodny, którego minimalna głębokość wynosi 14,3 m przy szerokości 180 m. Do toru północnego w rejonie pary pław nr 3 i 4 dochodzi tor podejściowy od wschodu. Poniżej pary pław 7 i 8 od toru północnego odchodzi tor wodny, stanowiący połączenie pomiędzy obrotnicą w powstającym porcie zewnętrznym w Świnoujściu a zewnętrznym torem żegludowym. Jest to tor wodny o szerokości 200 m, biegnący na długości 1,74 km, o głębokości 14,5 m.

Lokalizacja niektórych istniejących pław na torze podejściowym do portu w Świnoujściu (rys. 2): Pława N-1 (43,175 km); Pława N-2 (35,6 km); Pława N-4 (22,0 km); Para staw 3-4 (8,3 km) rozstaw pław $d_k = 250 \text{ m} \div 270 \text{ m}$; Para pław 7-8 (1,3 km) rozstaw pław $d_k = 220 \text{ m}$.

WARUNKI NATURALNE W MIEJSCU POSADOWIENIA ZNAKÓW

Głębokość wody w miejscu posadowienia nowych staw 11 i 12 wynosi około -11,5 m.

Stany wody. Charakterystyczne stany wody w [cm] z okresu obserwacji 1981-2000 według Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej IMGW Świnoujście kształtują się następująco:

- bezwzględnie najwyższy poziom WWW 696
- najwyższy poziom WW 669
- średni poziom z najwyższych SWW 604
- średni poziom SW 501
- średni poziom z najniższych SNW 416
- najniższy poziom NW 379
- bezwzględnie najniższy poziom NNW 366

Uwaga: rzędna zera wodowskazu wynosi 508 cm Kronsztadt (odpowiednio 500 cm Amsterdam).

Do projektowanych konstrukcji staw nawigacyjnych zalecany okres powtarzalności sztormów $T_p = 100$ lat, a odpowiadające mu prawdopodobieństwo P_f wynosi 1%. Zwierciadło wody przyjęto odpowiednio:

- maksymalny poziom wody: $z_{\max} = 725 \text{ cm} (+2,17 \text{ mKr})$,
- minimalny poziom wody: $z_{\min} = 450 \text{ cm} (-0,58 \text{ mKr})$.

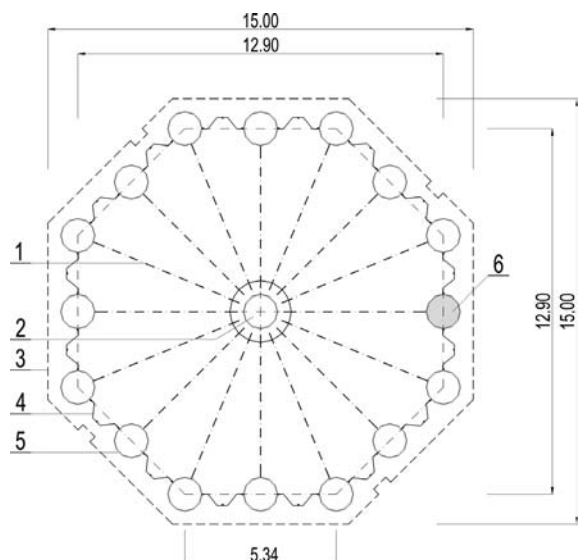
Podane wartości poziomów wody przyjętych w projekcie nowych znaków nawigacyjnych uwzględniają prognozowany wzrost poziomu morza będącego efektem postępującego globalnego ocieplenia.

Prądy. Maksymalna prędkość prądu na rozpatrywanym odcinku drogi wodnej (od 15,0 km do 0,0 km) wynosi $V_p = \pm 0,5$ węzła.

Warunki lodowe. Na Zatoce Pomorskiej, poza pasem lodu brzegowego, stała pokrywa lodowa na początku procesu zamrażania będzie formowana ze ściśniętego śryżu i lepy lodowej. Później następuje ściśnięcie i zespajanie kry i gruzu lodowego w pola lodowe z przewagą lodu o strukturze ławicowej. Między krami lodowymi występują stłoczone formy gruzu lodowego widoczne wyraźnie na skrajach toru wodnego. W miarę oddalania się od wybrzeża w morze maleje grubość lodu oraz stłoczenie i zagęszczenie lodu, co pozwala na dryfowanie lodu.

Tabl. 2. Teoretyczna, maksymalna grubość lodu i jej prawdopodobieństwo wystąpienia w Zatoce Pomorskiej [1]

T [lata]	$F(X)$ [%]	Maksymalna grubość lodu [cm]
1000	0,1	68,38
500	0,2	62,18
200	0,5	53,98
100	1	47,76
50	2	41,52
20	5	33,20
10	10	26,27
5	20	20,06
4	25	17,79
3,33	30	15,87
2	50	9,93
1,33	75	3,69
1,25	80	2,41



Rys. 3. Plan wbicia stalowej palościanki – stawa nawigacyjna nr 11 i 12
1 – stalowe ściąg $\phi 4\frac{1}{2}$ "; 2 – stalowy pal kotwiący (wewnętrzny: rura $\phi 1219/25$ mm; 3 – zarys żelbetowego oczepu; 4 – grodzice wypełniające AZ19-700 $L = 24,55$ m; 5 – pale rurowe $\phi 1219/25$ mm $L = 28,55$ m; 6 – pal rurowy $\phi 1219/25$ mm „pusty” tylko w stawie nawigacyjnej nr 12 dla potrzeb instalacji czujników

Stopniowo też maleje powierzchnia zajęta przez lód w przeciętnych i surowych zimach.

Biorąc pod uwagę powyższe dane do projektu staw nawigacyjnych przyjęto następujące warunki lodowe :

- średnia liczba dni z lodem: 10,
- maksymalna liczba dni z lodem: 70,
- największa grubość lodu stałego i kry lodowej: 0,50 m.

Falowanie. W południowej części toru podejściowego północnego, na odcinku od 15,0 km do 0,0 km, parametry fali przyjętej w projekcie wynoszą odpowiednio:

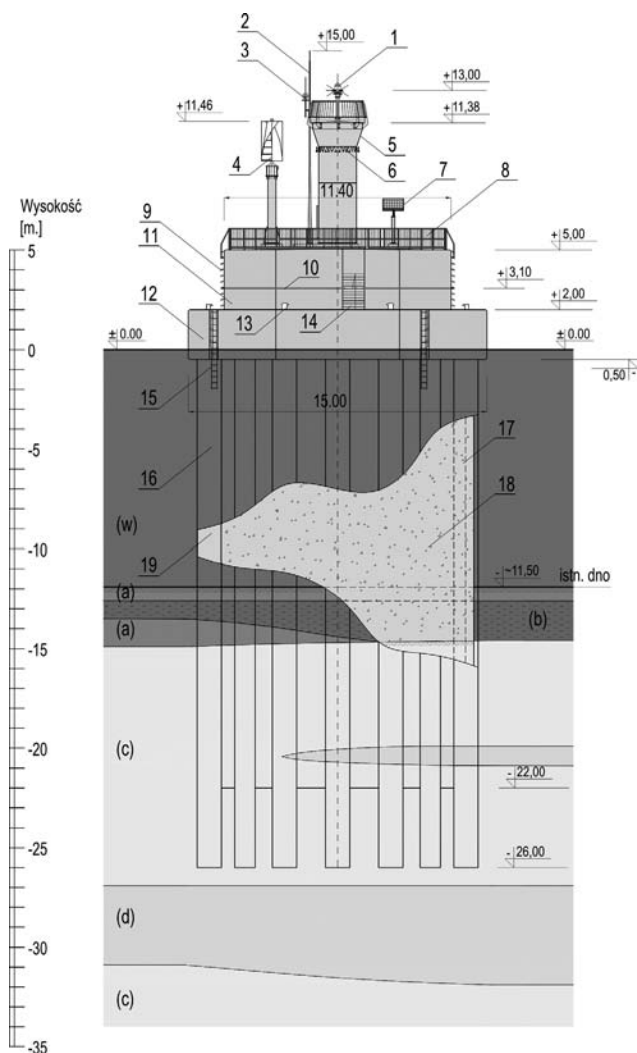
- wysokość fali: $h_f = 3,70$ m (przy prędkości wiatru 25 m/s),
- długość fali: $L = 90 \div 100$ m.

Wiatry. Maksymalna prędkość wiatru w Zatoce Pomorskiej wynosi 25 m/s. Liczba dni w roku średnim z wieloletnia z wiatrem silnym i bardzo silnym w Świnoujściu przedstawiono w tabl. 3.

Tabl. 3. Częstość występowania maksymalnych wiatrów

Prędkość wiatru V_w [m/s]	Liczba dni
$V_w = 10 \div 12$	10,06
$V_w = 13 \div 15$	2,43
$V_w = 16 \div 18$	0,45
$V_w > 18$	0,06

Warunki geotechniczne istotne do posadowienia staw nawigacyjnych określono na podstawie wykonanych otworów badawczych w miejscu ich wybudowania. Ogólnie, w podłożu stwierdzono (rys. 4 i 5) występowanie warstwy piasków średnich z przewarstwieniami namulów (warstwa geotechniczna miąższości około 1,3 m) lub namulów. Warstwy te występują do rzędnej około -13 ÷ -15 m p.p.m. Do głębokości odpowiadającej rzędnej -35 m p.p.m. stwierdzono występowanie nośnych warstw gruntowych, głównie gruntów niespoistych w postaci

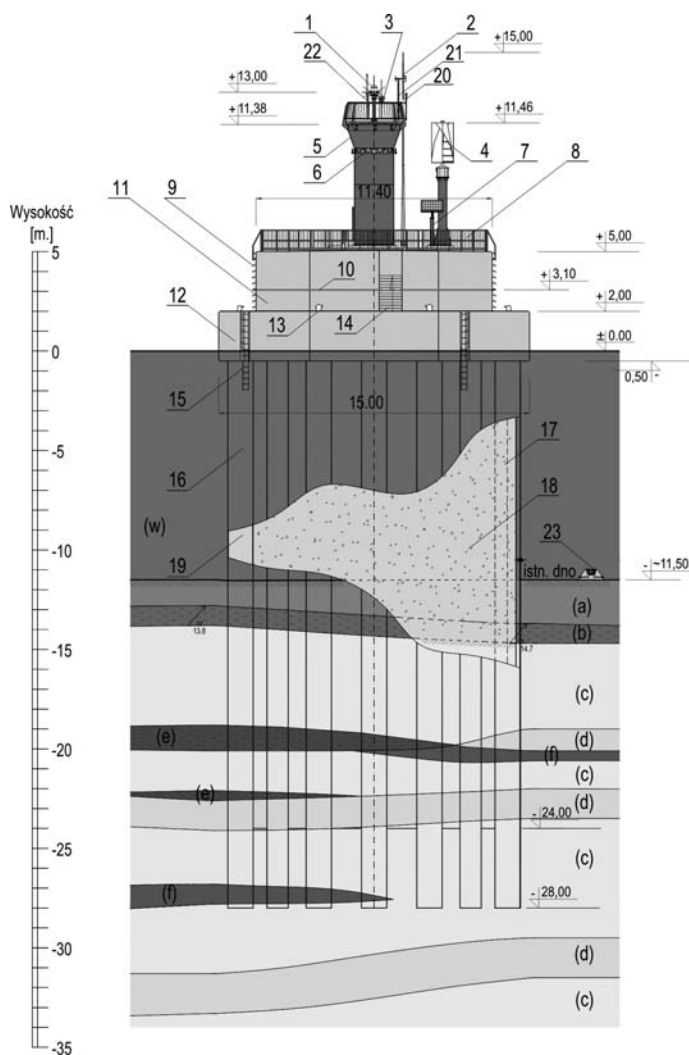


Rys. 4. Stawa nawigacyjna nr 11 – zachodnia
1 – latarnia nawigacyjna FA-250 – kolor światła zielony; 2 – maszt odgromowy; 3 – transponder AIS; 4 – generator wiatrowy WS-2B; 5 – wieża stawy nawigacyjnej; 6 – reflektor radarowy-pasywny trójścienny trójkątny; 7 – ogniwa słoneczne; 8 – balustrada ochronna; 9 – klamry wyjściowe; 10 – poręcz; 11 – żelbetowa nadbudowa stawy; 12 – żelbetowy oczep; 13 – pachole cumownicze typ ZL-22,5; 14 – prefabrykowane schody wejściowe; 15 – drabinki wyjściowe; 16, 17 – stalowa palościanka: profil nośny z rur $\phi 1219/25$ mm, profil wypełniający z brusów AZ18-700; 18 – wymiana gruntu wewnątrz grodzi, zasyp piaskiem; 19 – wypełnienie wnętrza rury piaskiem;
(w) – woda; (a) – piasek średni z przewarstwieniami namułu; (b) – namuły; (c) – piaski drobne zagęszczone; (d) – piaski drobne średniozagęszczone i zagęszczone

piasków drobnych, piasków średnich oraz piasków pylastych z niewielkimi przewarstwieniami namulów. Piaski charakteryzują się stanem zagęszczonym oraz średnio zagęszczonym, natomiast namuły – stanem miękkoplastycznym.

CHARAKTERYSTYKA KONSTRUKCJI PROJEKTOWANYCH ZNAKÓW

Znaki nawigacyjne wykonano jako konstrukcję, mającą część fundamentową w postaci masywnego filara ze stalowej palościanki (rys. 4 i 5) o ośmiokątnym (regularnym) przekroju poziomym. Średnica okręgu wpisanego w osiach ścianek szczelnych wynosi 12,89 m. Na palościance będzie oparta żelbetowa nadbudowa w formie ośmiokąta opisanego na okręgu o średnicy 15 m.



Rys. 5. Stawa nawigacyjna nr 12 – wschodnia

1 – latarnia nawigacyjna FA-250 – kolor światła czerwony; 2 – maszt odgromowy; 3 – transponder AIS; 4 – generator wiatrowy WS-2B; 5 – wieża stawy nawigacyjnej; 6 – reflektor radarowy-pasywny trójścieny trójkątny; 7 – ogniwa słoneczne; 8 – balustrada ochronna; 9 – klamry wyjściowe; 10 – poręcz; 11 – żelbetowa nadbudowa stawy; 12 – żelbetowy oczep; 13 – pachoty cumownicze typ ZL-22,5; 14 – prefabrykowane schody wejściowe; 15 – drabinki wyjściowe; 16, 17 – stalowa palościanka: profil nośny z rur ϕ 1219/25 mm, profil wypełniający z brusów AZ18-700; 18 – wymiana gruntu wewnątrz grodzi, zasyp piaskiem; 19 – wypełnienie wnętrza rury piaskiem; 20 – WX Pro integrated weather sensor; 21 – wiatromierz LB-746; 22 – antena; 23 – fundament pod podwodny sensor Doplera (w) – woda; (a) – piasek średni z przewarstwieniami namułu; (b),(e) – namuły; (c) – piaski drobne zagęszczone; (d) – piaski drobne średniozagęszczone i zagęszczone; (f) – piaski drobne, lokalnie średnie, średniozagęszczone

Nadbudowa będzie miała dwa poziomy (rys. 4 i 5). Dolny poziom na rzędnej +2,0 m przeznaczony będzie do cumowania jednostek pływających obsługujących stawy. Na górnym poziomie nadbudowy +5,0 m n.p.m., będzie zamocowana wieża oświetlenia nawigacyjnego, urządzenia terestrycznych i radarowych metod określania pozycji statków oraz hydrometeorologiczna stacja pomiarowa.

Obliczenia konstrukcji stawy

W przeprowadzonych obliczeniach staw nawigacyjnych skupiono się na najbardziej niekorzystnym schemacie statycznym, który może zaistnieć w momencie obciążenia konstrukcji stawy nawigacyjnej lodem stałym oraz krą lodową. Oddziały-

wanie lodu jest podstawowym obciążeniem projektowanych budowli. Założono, że przy maksymalnej wartości nie dodaje się go do innych obciążeń poziomych. W przyjętym schemacie obliczeniowym zamodelowano najbardziej niekorzystną fazę budowy, tj. przypadek, gdy komora stawy wypełniona jest gruntem i stężona jedynie ściągiem stalowymi, bez usztywniającej nadbudowy żelbetowej. Sytuacja taka może mieć miejsce, gdy budowa staw będzie odbywać się zimą i zostanie przerwana ze względów pogodowych. Wystąpienie takiej sytuacji jest bardzo prawdopodobne. Przy określaniu wartości oddziaływań lodu zastosowano współczynnik $\gamma_f = 1,3$, będący częściowym współczynnikiem bezpieczeństwa.

Przyjęty schemat statyczny dotyczy stanu konstrukcji przed wykonaniem oczepu żelbetowego, ale obciążonego parciem lodu.

Na etapie wykonania ścianki szczelnej bez ściągów przyjęto schemat statyczny pracy palościanki górą podpartą przegubowo i dołem utwierdzonej. W momencie instalacji ściągów (obustronnie przegubowo przymocowanych do pali) zwiększa się sztywność całej konstrukcji. Nie wpływa to jednak na zmianę charakteru pracy ścianki w gruncie, nadal jest ona dołem utwierdzona.

Obliczenia oddziaływania lodu wykonano, przyjmując obliczeniową grubość pokrywy lodowej wynoszącą 0,65 m.

Tabl. 4. Obliczeniowe wartości wytrzymałości lodu

Stan wody	Wytrzymałość na ściskanie R_{sc} [kPa]	Wytrzymałość na zginanie R_{zg} [kPa]	Wytrzymałość na kruszenie R_{kr} [kPa]
SNW	550	275	588,5
SWW	350	175	374,5

Obliczeniowe odpowiednio wartości sił wyniosły:

- poziom wody SNW:
 - oddziaływanie lodu pływającego $H = 3450,77$ kN,
 - oddziaływanie pionowe przymarznętej pokrywy lodowej $Q = 98,21$ kN,
- dla poziomu wody SWW:
 - oddziaływanie lodu pływającego $H = 2195,94$ kN,
 - oddziaływanie pionowe przymarznętej pokrywy lodowej $Q = 62,50$ kN.

Poziom przyłożenia sił od oddziaływania lodu wyniosły 19,5 cm poniżej danego stanu wody.

Obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem programu GEO5 v. 14 z uwzględnieniem Metody Elementów Skończonych, dzięki której można dokonywać analiz zadań geotechnicznych, które wykazują nieliniową reakcję ośrodka gruntowego.

Rozpatrywany przypadek posadowienia staw nawigacyjnych wymagał zastosowania nieliniowego modelu materiałowego. Do obliczeń przyjęto model Coulomba-Mohra, który wykorzystuje klasyczne kryterium plastyczności. Cechą tego modelu jest powstawanie nieograniczonych odkształceń sprężystych przy obciążeniu działającym w kierunku osi hydrostatycznej. W celu zdefiniowania danej powierzchni plastyczności model ten wymaga zdefiniowania następujących parametrów wytrzymałościowych gruntu: moduł sprężystości E , współczynnik Poissona, kąt tarcia wewnętrznego i spójność. Dwa ostatnie parametry służą do określenia warunku plastyczności (determinują początek odkształcenia plastycznego).

W celu jak najlepszego odwzorowania rzeczywistego zachowania się konstrukcji zarówno na etapie jej budowy, jak i eksploatacji, stworzono model obliczeniowy uwzględniający następujące fazy obliczeniowe:

- faza 1: stan naprężenia pierwotnego w podłożu gruntowym,
- faza 2: wykonanie palościanki oraz wewnętrznego pala stalowego,
- faza 3: instalacja ściągów stalowych,
- faza 4: wykonanie zasypu wewnątrz konstrukcji fundamentu stawy,
- faza 5: obciążenie konstrukcji.

Analiza MES umożliwia również przeprowadzenie obliczeń stateczności, które polegają na określeniu współczynnika stateczności poprzez redukcję początkowych parametrów nośności – kąta tarcia wewnętrznego i spójności – do momentu wystąpienia zniszczenia. Głównym mechanizmem utraty stateczności jest poślizg plastyczny. Odkształcenie ośrodka gruntowego odpowiada stanowi zniszczenia osiągniętemu przy zredukowanych parametrach gruntu, dlatego też nie odpowiada ono rzeczywistemu stanowi odkształcenia ośrodka gruntowego, ale daje dobre wyobrażenie o ogólnej reakcji całego ustroju na początku zniszczenia.

W obliczeniach stateczności pominięto wpływ oddziaływania oczezu żelbetowego, który dociąża konstrukcję, poprawiając tym samym warunki stateczności. Na podstawie obliczeń otrzymano następujące wartości współczynników stateczności:

- współczynnik stateczności stawy nawigacyjnej nr 11:
 $F_{stat} = 3,93 > F_{bezp} = 2,0$,
- współczynnik stateczności stawy nawigacyjnej nr 12:
 $F_{stat} = 2,09 > F_{bezp} = 2,0$.

Obie wartości uzyskanego współczynnika stateczności są większe od zakładanego współczynnika bezpieczeństwa. Zaprojektowane konstrukcje spełniają zatem warunek stateczności ogólnej.

WYPOSAŻENIE STAW

Każda stawa nawigacyjna (rys. 4 i 5) wyposażona będzie w: latarnię (światło nawigacyjne) FA-250 LED MR24BI – kolor światła zielony na stawie wschodniej nr 11 i kolor światła czerwony na stawie zachodniej nr 12, światło o zasięgu 14 Mm, drabinki wyjściowe (4 sztuki), żeliwne pacholy cumownicze typu ZL-22,5 (8 sztuk), poręcz na poziomie dolnym nadbudowy, barierkę ochronną na poziomie górnym wraz ze szpicami przeciwptakowymi, kłamry wejściowe (3 komplety).

Oprócz typowego wyposażenia, na stawach nawigacyjnych będzie zainstalowane dodatkowe wyposażenie. I tak, na każdej stawie nawigacyjnej znajdować się będzie:

- a) nadajnik AIS (transponder AIS AtoN typ 3) – jest to nadajnik systemu automatycznej łączności (identyfikacji) umożliwiający wymianę danych ze staw nawigacyjnych na jednostki morskie. Nadajnik będzie mógł być sterowany ze stacji VTS. Urządzenie jest specjalnie przystosowane do instalacji na konstrukcje *off-shore*. Nadajnik

jest wyposażony w odbiornik systemu satelitarnego GPS i korzysta z systemów EGNOS, WAAS lub MSAS (możliwość dostosowania do DGPS beacons). Wypełnia wszystkie wymagania IALA. Za pomocą tego urządzenia możliwe jest też nadawanie ostrzeżeń nawigacyjnych do statków w pobliżu („Message 14”). Nadajnik można konfigurować zdalnie za pomocą interfejsu RS-232. Instalacja nadajnika AIS pozwala na łatwą identyfikację stawy podczas bardzo ograniczonej widzialności na odległość większą od 15 Mm do 20 Mm lub podczas trudnych warunków hydrometeorologicznych (np. wysokie falowanie);

- b) reflektory radarowe pasywne trójścienne pasywne trójkątne;
- c) zasilanie urządzeń staw nawigacyjnych, w skład którego wchodzi:
 - ogniwa słoneczne i akumulatory Solar Block;
 - generator wiatrowy WS-2B z regulatorem napięcia, stanowiący dodatkowe alternatywne źródło zasilania; jest to urządzenie wytrzymałe, mające długi okres żywotności dzięki konstrukcji przystosowanej do pracy w trudnych warunkach pogodowych, takich jak śnieg, mróz, sztorm, upały i wilgotność; zastosowana w generatorze turbina jest zdolna do produkcji energii już przy niewielkim wietrze o prędkości rzędu 2 m/s, a dzięki spiralnej budowie łopatek śmigła generator znajduje się zawsze w optymalnym położeniu do wiatru i nie musi dostosowywać się do kierunku wiatru; konserwacja urządzenia jest łatwa i wymaga wyłącznie smarowania;
- d) maszt odgromowy – o wysokości 11 m, wykonany na bazie słupa oświetleniowego GALAXIE P60 produkcji Valmont, który podłączony jest do uziomu fundamentu stawy.

Pozostałe dodatkowe urządzenia, które będą zainstalowane na stawie nr 12 i będą to:

- a) WX Pro Weather Station and Micro Server (komputer) – wyposażony w czujniki do pomiaru prędkości i kierunku wiatru, temperatury powietrza, względnej wilgotności, ciśnienia atmosferycznego;
- b) urządzenia stacji hydrologiczno-meteorologicznej, tj.:
 - podwodny czujnik ADCP – do monitorowania falowania (amplitudy i okresu falowania), prądu (prędkość i kierunek), który do pomiarów wykorzystuje efekt Dopplera; skrót ADCP pochodzi od słów *Acoustic Doppler Current Profiler* (Akustyczny dopplerowski prądomierz profilograf); mierzy on pionowy rozkład prędkości wody przy wykorzystaniu energii akustycznej; urządzenie określa również średnią wysokość fali i kierunek rozchodzenia się fali w danym miejscu na podstawie próbkowania w czasie; czujnik ADCP zainstalowany będzie na dnie morskim, w odległości 2 ÷ 5 m od fundamentu stawy nr 12, od strony wschodniej, i podłączony poprzez łącza do stawy (zasilanie i transmisja danych); urządzenie jest przystosowane do przesyłania danych standardem RS-232 i RS422;

- koncentrator/interface formujący telegram z danymi ze wszystkich sensorów;
- zestaw dwóch radiomodemów z kompletem anten – umożliwiający transmisję danych z urządzeń instalowanych na stawie do oddalonej około 15 km od wybrzeża stacji VTS; radiomodemy zastępują, w relacji stawa – stacja VTS, kabel podmorski; na stawie będzie zainstalowany jeden radiomodem działający w standardzie RS-232, natomiast drugi radiomodem będzie zamontowany na stacji VTS; radiomodem zainstalowany na stawie będzie zasilany poprzez baterie, które będą ładowane panelem fotowoltaicznym; na stawie zostanie zainstalowany tylko jeden układ zasilania, z którego będą zasilane wszystkie urządzenia łącznie z radiomodemem; modem instalowany w stacji VTS będzie zasilany z sieci i umożliwia dodatkowo retransmisję danych do sieci ETHERNET; ustawienia modemu i sieci są prowadzone przez oprogramowanie zainstalowane w komputerze;
- hydrostatyczna sonda poziomu wody SG-25 – służąca do pomiaru poziomu wody; pomiar realizowany jest z wykorzystaniem zależności między wysokością słupa cieczy a wywieranym ciśnieniem hydrostatycznym; opuszczona na poziom odniesienia sonda będzie wisieć swobodnie na fabrycznym kablu pomiarowym $L = 20$ m; do mocowania kabla pomiarowego zastosowano specjalny uchwyt SG zamontowany na wejściu kabla do rury palościanki (pal „pusty”);
- sensor do elektronicznego pomiaru temperatury wody o zakresie pracy co najmniej $-2^{\circ} \div +30^{\circ}\text{C}$;
- wiatromierz do pomiaru prędkości i kierunku składowej poziomej wiatru typu LB-746 – zakres pomiaru wiatru do 100 m/s;
- czujnik do elektronicznego pomiaru temperatury powietrza o zakresie pracy co najmniej $-40^{\circ} \div +50^{\circ}\text{C}$.

FUNDAMENT STAWY – KONSTRUKCJA PODWODNA

Nowobudowane stawy nawigacyjne będą mieć część fundamentową w postaci masywnego filara (wyspy), który stanowi grodzicę ze stalowej palościanki o ośmiokątnym (regularnym) przekroju poziomym. Palościanka będzie kotwiona do stalowego pala wbitego wewnątrz grodzicy. Średnica okręgu wpisanego w osiach palościanki wynosi 12,89 m.

Palościanka będzie wykonana jako ścianka kombinowana, złożona ze stalowych pali rurowych o średnicy $\phi 1219/25$ mm oraz między rurami z podwójnych brusek AZ18-700 (rys. 3). Palościanka o wskaźniku wytrzymałości $W_x = 11080 \text{ cm}^3/\text{m}$ będzie wykonana ze stali S390GP. Elementy palościanki będą zapuszczone w grunt w tzw. „koronkę”, przy czym krótsze o 4,0 m są grodzice wypełniające rodzaju AZ. Ze względu na warunki geotechniczne w miejscu posadowienia staw długość palościanki będzie inna dla każdego ze znaków, i tak w przypadku stawy nawigacyjnej nr 11 długość pali w palościance wynosi 26,55 m. Pale będą wbite do rzędnej -26,0 m, natomiast grodzice AZ do rzędnej -22,0 m. W grodzicy stawy nawigacyjnej nr 12 długość pali w palościance wynosi 28,55 m. Pale będą wbite do rzędnej

-28,0 m, natomiast grodzice AZ do rzędnej -24,0 m. Korona palościanki w obu konstrukcjach znajdować się będzie na poziomie +0,55 m.

Wewnątrz w osi każdej grodzicy, przewidziano stalowy pal $\phi 1219/25$ mm ze stali S460MH. Pal wewnętrzny stanowi zakotwienie palościanki oraz element posadowienia żelbetowego fundamentu światła nawigacyjnego. Długość pala jest zmienna i wyniesie $L = 28,05$ m – stawa nr 11 oraz $L = 30,05$ m – stawa nr 12. Korona każdego pala będzie znajdować się na poziomie +2,05 m. Pale wewnętrzne wypełnione będą piaskiem z dodatkiem wapna, a w górnej strefie korkiem żelbetowym.

Pale rurowe palościanek również wypełnione będą piaskiem z dodatkiem wapna (5% objętościowo), a w ich górnym odcinku, podobnie jak w palu wewnętrznym, będzie wykonany korek żelbetowy. Wyjątek stanowić będzie pojedynczy pal w palościance stawy nr 12, który pozostanie pusty (rys. 3). W pustym palu umieszczony będzie sensor do elektronicznego pomiaru temperatury wody, hydrostatyczna sonda poziomu i temperatury wody SG-25 oraz okablowanie do podwodnego sensora ADCPs. W celu umożliwienia działania tych urządzeń w palu przewidziano dwa otwory:

- jeden otwór średnicy $\phi 150$ mm, na rzędnej -9,50 m, który umożliwi wypełnienie pala wodą w celu właściwego działania sondy SG-25,
- drugi otwór $\phi 110$ mm na rzędnej -10,50 m, którym poprowadzony będzie kabel do sensora ADCPs; w celu ochrony kabla otwór będzie zabezpieczony uszczelnieniem typu „WGC” DN65 firmy INTEGRA GLIWICE lub innym równoważnym, wewnątrz którego należy umieścić rurkę HDPE $\phi 75/5,6$ mm, $L = 0,25$ m.

Do głowicy pala, który pozostanie wewnątrz pusty, będzie przyspawana pokrywa ze stalowej blachy o średnicy $\phi 1260$ mm, grubości 20 mm, z otworem $\phi 498$ mm. Do pokrywy przyspawana zostanie stalowa rura $\phi 508/10$ mm, o długości $L \approx 1,45$ m, przekryta stalową płytą, która utworzy studzienkę instalacyjną w żelbetowym oczepie nadbudowy stawy. Wewnątrz rury przyspawane będą elementy umożliwiające właściwe umieszczenie sensorów i sondy w „pustym” palu palościanki.

Palościanka grodzicy fundamentowej w części głowicowej będzie usztywniona systemem ściąągów stalowych, zainstalowanych na rzędnej +0,20 m, które będą dowiązane do wewnętrznego stalowego pala kotwiącego. Układ ściąągów zaprojektowano promieniście do spinającej blachy węzłowej przyspawanej do pala kotwiącego. Konstrukcja kotwiąca palościankę będzie składać się:

- ze stalowych ściąągów $\phi 4\frac{1}{2}$ ”, długości 2,176 m i 2,442 m, ze spęcznianą końcówką (ściąągi „Anker Schroeder”), wykonanych ze stali S355J0, mocowanych przegubowo do pali rurowych palościanki oraz, poprzez blachę węzłową, do wewnętrznego pala stalowego; ściąągi wyposażone są w rurowe nakrętki napinające; rozstaw pali od strony palościanki wynosi około 2,7 m,
- blachy węzłowej o grubości 50 mm, ze stali S355JR, spinającej poszczególne ściąągi.

Wnętrze grodzicy będzie wypełnione do poziomu +0,5 m zasypem z piasku średniego o kącie tarcia wewnętrznego $\phi \geq 30^{\circ}$. Przed wykonaniem zasypu należy całkowicie usunąć z wnętrza

grodzy wierzchnie warstwy namulów zalegających na warstwie nośnej piasków. Przewidziano, że grunt nienośny będzie wybrany na odkład poza torem podejściowym, w pobliżu staw. Grunt powinien być rozgarnięty po dnie tak, aby spłylenie nie było większe od 30 cm. Przy usuwaniu gruntów nienośnych z wnętrza staw jest ważne, aby zachować odpowiednią długość zakotwienia palościanki w gruncie: w przypadku stawy nr 11 jest to długość około 11,30 m, a w przypadku stawy nr 12 – około 13,30 m. Przed wykonaniem zasypu wewnątrz grodzy, dno musi być starannie wyczyszczone. Roboty wewnątrz grodzy można realizować dopiero po usztywnieniu konstrukcji stalowymi ściągami. Zasypanie powinno być wykonywane równomiernie, etapowo.

ZABEZPIECZENIE ANTYKOROZYJNE ŚCIANKI SZCZELNEJ

Stalowa palościanka będzie chroniona przed korozją poprzez zastosowanie ochrony katodowej oraz dodatkowo elementy palościanki będą mieć zwiększoną grubość o minimum 2 mm. Ochroną katodową będą objęte wszystkie podwodne powierzchnie stalowych ścianek szczelnych stałych znaków nawigacyjnych oraz wewnętrzna powierzchnia pala „pustego” w palościance stawy nr 12. Zasolenie wody wynoszące przeciętnie 0,7‰ umożliwia zastosowanie ochrony katodowej z zastosowaniem galwanicznych anod aluminiowych.

W projekcie budowy staw nawigacyjnych zakłada się, że elementy stalowe ścianki szczelnej (pale rurowe i grodzice wypełniające) nie będą malowane. Galwaniczną ochronę katodową zaprojektowano na 20 lat pełnej ochrony przeciwkorozyjnej podwodnych powierzchni grodzic i pali (bez wymiany anod galwanicznych). Ochronę katodową wewnętrznej powierzchni pala zaprojektowano na 50 lat pełnej ochrony.

Do ochrony wybrano galwaniczny system ochrony katodowej. Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że najkorzystniejsze z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia będzie zastosowanie anod aluminiowych ze stopu AA13, o konstrukcji Z1 według PN-86/E-05030/05.

Anody rodzaju Z1 przewidziano zamontować bezpośrednio do ścianki grodzic AZ18-700. Liczbę i masę anod dobrano odpowiednio do założonych parametrów ochrony katodowej. Anody będą rozmieszczone w sposób umożliwiający osiągnięcie równomiernego rozpręgu prądu do powierzchni ścianki. Powierzchnia wewnętrzna pala będzie chroniona za pomocą łańcucha anod zawieszonego na belce.

„Połączenia katodowe” będą wykonane po wbiciu i obcięciu ścianki, przed zabetonowaniem nadbudowy. Uzyskuje się to poprzez spawania między brusami i palami bezpośrednio połączonymi ze sobą oraz między brusami i łączącymi je łącznikami. Spoina kontaktowa powinna mieć wymiary minimum 6×50 mm i należy ją wykonać po jednej, dowolnie wybranej stronie ścianki.

Okresowe pomiary kontrolne działania galwanicznej ochrony katodowej stalowych ścianek szczelnych wykonuje się przez pomiar potencjałów polaryzacji katodowej powierzchni ścianki w różnych miejscach jej powierzchni. W celu umożliwienia przeprowadzenia pomiarów potencjałów w okresie wieloletniej eksploatacji staw nawigacyjnych, będzie wykonane po jednym

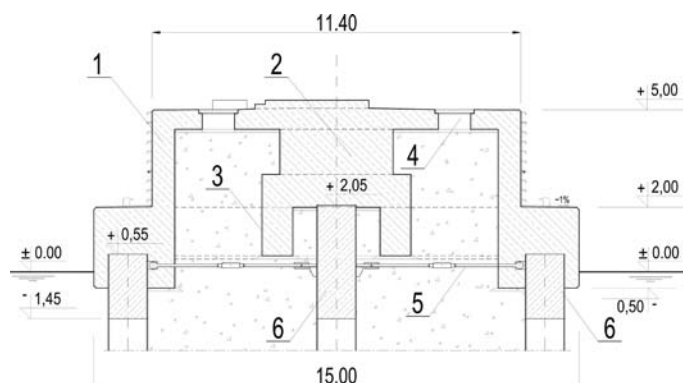
wyprowadzeniu od masy ścianki. Wyprowadzenia te stanowią będzie ocynkowany stalowy pręt płaski 50×10 mm, ze stali St3S przechodzący w żelbetowym oczepie nadbudowy i ścianie cokołu nadbudowy do studzienek umieszczonych w pobliżu odwodnej krawędzi górnej płyty nadbudowy. Wyprowadzenia takie przygotowuje się przed zabetonowaniem nadbudowy staw.

Po trzymiesięcznym okresie pracy instalacji ochrony katodowej należy przeprowadzić pomiary skuteczności jej działania poprzez pomiar potencjału chronionej konstrukcji. Przeprowadzenie podobnych badań jest wymagane co 2 lata.

FUNDAMENT STAWY – KONSTRUKCJA NADWODNA

Na fundamencie każdej stawy będzie oparta żelbetowa nadbudowa (rys. 6) w formie ośmiokąta. Stalowa palościanka będzie zwieńczona żelbetowym oczepem o szerokości 2,50 m. Korona oczepu znajduje się na poziomie +2,0 m, natomiast spód oczepu na rzędnej -0,50 m. Od wnętrza grodzy oczep położony jest na warstwie wyrównawczej z chudego betonu o grubości 10 cm. Górna powierzchnia oczepu wykonana będzie ze spadkiem około 1% w kierunku wody. Oczep będzie wykonany w kształcie ośmiokąta opisanego na okręgu średnicy 15,0 m – krawędź od strony odwodnej grodzy oraz na okręgu średnicy 10,0 m – krawędź od strony wewnętrznej grodzy. W oczepie zamocowane będą żeliwne pachole cumownicze ZL-22,5 i drabinki wyjściowe. Oczepy stężone będą za pomocą czterech żelbetowych żeber o wymiarach $0,95 \times 1,50$ m każdy. Spód żeber będzie znajdować się na rzędnej +0,50 m, a korona na rzędnej +2,0 m.

W oczepach, od strony wewnętrznej staw, będą konstruowane żelbetowe ściany. Zasadnicza grubość ścian wynosi 70 cm, natomiast w rejonie schodów grubość ścian wyniesie 0,5 m oraz 0,4 m – ściana rozdzielająca biegi schodów. Ściany stanowią zewnętrzną obudowę cokołu nadbudowy stawy, pomiędzy poziomem niskim i wysokim. Ściany będą wykonane w kształcie ośmiokąta opisanego na okręgu średnicy 11,40 m – krawędź od strony odwodnej oraz na okręgu średnicy 10,0 m – krawędź od strony wewnętrznej cokołu. Wokół ścian, na rzędnej +3,10 m, będzie zamocowana stalowa poręcz z rury $\phi 57/8$ mm wykonana ze stali nierdzewnej.



Rys. 6. Konstrukcja żelbetowej nadbudowy stawy nawigacyjnej
1 – nadbudowa: płyta oparta na ścianach cokołu i oczepie; 2 – fundament pod wieżę stawy nawigacyjnej; 3 – żebra stężące; 4 – studnie kontroli zasypu; 5 – stalowe ściągi kotwiące; 6 – żelbetowy korek w głowicy pala;

Górny poziom nadbudowy zwieńczony jest żelbetową płytą o grubości 60 cm. Płyta posadowiona będzie na zasypie wykonanym wewnątrz grodzy z pospółki zagęszczonej mechanicznie. Spód płyty znajduje się na poziomie +4,40 m. Rzędna korony płyty od strony odwodnej wynosi +5,0 m. Górna powierzchnia płyty wykonana będzie ze spadkiem około 1% w kierunku wody. W płycie wykonstruowane będą dwie studnie kontroli zasypu o wymiarze w świetle $1,0 \times 1,0$ m, przekryte prefabrykowanymi płytkami żelbetowymi o wymiarze 1200×495 m. Płytki ułożone będą we wnękach wykonstruowanych wzdłuż otworu studni, które będą odpowiednio zabezpieczone stalowym kątownikiem. W płycie, przed betonowaniem, będą umieszczone przepusty do instalacji elektrycznej.

W celu zabezpieczenia przed uszkodzeniami krawędzi konstrukcji należy wykonać sfazowania:

- na krawędziach dolnego poziomu cokołu (oczep) – 7 cm,
- na poziomie górnym (płyta, ściany) – 5 cm,
- poziomie górnym (cokoły) – 3 cm.

Zewnętrzna krawędź górnego poziomu nadbudowy stawy będzie zabezpieczona stalową barierką o wysokości 1,10 m, wykonaną ze stali nierdzewnej. Poręcz, poprzeczka i słupki barierki wykonane będą z rury ϕ 57/8 mm. Wypełnienie pomiędzy elementami poziomymi barierki stanowić będą płaskowniki 5×35 mm. Dodatkowo do barierki będzie przyspawany kątownik stanowiący stalowy krawężnik. Barierka ochronna będzie łączyć się z poręczą z rury ϕ 57/8 mm zamocowaną do ścian bocznych schodów. Na pochwycie barierki, w rozstawie co około 30 cm, zamocowane będą szpice przeciwpłaskowe, wykonane ze stalowego pręta ϕ 3 mm, również ze stali nierdzewnej. Szpice mają na celu uniemożliwić siadanie ptaków, co pozwoli uchronić budowlę przed ich odchodami, których obecność jest bardzo uciążliwa w eksploatacji urządzeń.

Wejście z poziomu niższego na poziom wyższy nadbudowy odbywać się będzie za pomocą żelbetowych schodów dwubiegowych, usytuowanych od strony południowej stawy oraz za pomocą klamer wejściowych, zamocowanych na trzech pozostałych stronach ściany cokołu nadbudowy. Klamry wejściowe zaprojektowano z prętów ϕ 22×22 mm, ze stali nierdzewnej.

Żelbetowe schody wykonane będą jako element prefabrykowany składający się z biegu płytowego pełnego. Wykonane będą dwa prefabrykaty różniące się długością biegu. Szerokość biegu obu prefabrykatów wynosi 1,09 m. Poprzeczny wymiar stopnia: wysokość – 0,15 m, szerokość – 0,30 m. Spocznik wykonstruowany będzie w żelbetowym fundamencie pod wieżę oświetlenia nawigacyjnego na poziomie +3,80 m. Szerokość spocznika wynosi 1,05 m. Prefabrykaty będą opierać się we wnękach wykonanych w żelbetowym oczepie i w ścianie cokołu nadbudowy oraz w spoczniku. W prefabrykaty należy zamontować uchwyty montażowe, które po zamontowaniu schodów będą obcięte. Górna powierzchnia schodów będzie wykonana na szorstko.

Wewnątrz każdej stawy zaprojektowano żelbetowy fundament pod wieżę oświetlenia nawigacyjnego. Wymiary fundamentu: w podstawie wynoszą $4,60 \times 4,60$ m, w części głowicowej $3,50 \times 2,70$ m. Spód fundamentu znajduje się na rzędnej +2,0 m. Fundament posadowiony jest na stalowym palu ϕ 1219/25 mm (pal kotwiący palościankę grodzy) i będzie połączony monolitycznie z żebrami stężającymi oczep oraz z płytą górną nadbudowy. Od strony schodów, na poziomie +3,80 m,

w bloku fundamentowym należy wykonać spocznik z wnękami do oparcia prefabrykowanych schodów. W fundamencie będzie osadzona konstrukcja kotwiąca wieżę oświetlenia nawigacyjnego oraz przepusty do instalacji elektrycznych.

Wszystkie elementy betonowe na styku z gruntem będą zabezpieczone izolacją przeciwwilgociową poprzez pomalowanie dwukrotnie lepikiem asfaltowym.

Od strony wschodniej, w odległości $2 \div 5$ m od stawy nr 12, na dnie będzie ułożony prefabrykowany żelbetowy fundament, w którym zamocowany będzie ultradźwiękowy, podwodny sensor ADCPs. Przyjęto fundament w kształcie ostrosłupa ściętego o wymiarach podstawy $1,20 \times 1,20$ m i wysokości 530 m. Wewnątrz fundamentu wykonana będzie wnęka, w której będzie osadzony sensor. Fundament powinien być ułożony na dnie poziomym.

KONSTRUKCJA WIEŻY OŚWIECZENIA NAWIGACYJNEGO

Konstrukcja wieży oświetlenia nawigacyjnego jest jednakowa w obu stawach nawigacyjnych, różni je jedynie kolorystyka zewnętrzna. Na każdej wieży będzie zainstalowane na rzędnej +13,00 m n.p.m światło sektorowe – latarnia typu FA-250LED MR o odpowiednim kolorze światła.

Wieżę wykonane będą jako konstrukcja stalowa ze stali konstrukcyjnej węglowej klasy S 235.

W skład każdej wieży (bez konstrukcji wsporczej urządzeń zewnętrznych mocowanych do balustrady i reflektorów radarowych) wchodzi następujące elementy: trzon (1 sztuka), pomosty robocze (2 sztuki), drabiny (2 sztuki), balustrady (2 sztuki) oraz elementy łącznikowe (6 sztuk), a także podstawa latarni (1 sztuka).

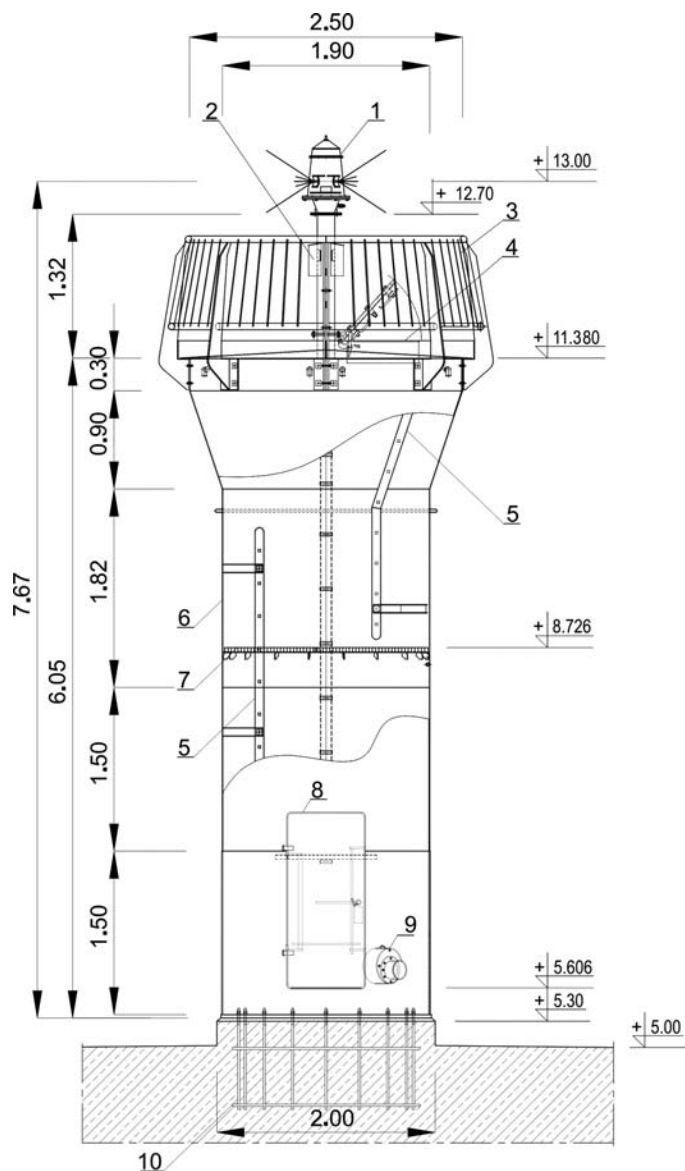
Całkowita wysokość projektowanej wieży bez wysokości ogniska latarni FA-250LED MR – 300 mm wynosi 7370 mm.

Komunikacja pomiędzy poziomem posadowienia projektowanej wieży (poziom fundamentu na rzędnej +5,30 m n.p.m.) a pomostem obsługowym na jego koronie (poziom +11,38 m n.p.m.) przebiegać będzie drabinami wewnątrz konstrukcji trzonu, którą stanowić będzie rura stalowa o zmiennej średnicy 1900 mm do 2500 mm.

Wewnątrz trzonu będą zamontowane także: pomosty robocze, drabiny, konstrukcje wsporcze pod baterie akumulatorów i urządzeń nawigacyjnych, rozdzielnica elektryczna, korytka kablowe, oświetlenie itp.

Konstrukcję trzonu przystosowano do połączenia z fundamentem oraz z pozostałymi elementami i wyposażeniem. Dach trzonu (górny poziom obsługowy) zabezpieczony jest balustradą.

Wnętrze konstrukcji wieży będzie wentylowane. W tym celu w górnej i dolnej części wieży przewidziano zainstalowanie elementów wentylacji. Dolny element wentylacyjny (odpowietrznik pokładowy kulowy) będzie wbudowany przy podstawie trzonu powyżej dolnego pomostu roboczego. Wlot do otworu będzie zabezpieczony siatką o oczkach 10×10 mm. Odpowietrznik pokładowy powinien uniemożliwiać dostawanie się wody do wnętrza wieży. Górny element wentylacyjny znajduje się w podstawie latarni.



Rys. 7. Konstrukcja wieży stawy nawigacyjnej

1 – latarnia nawigacyjna FA-250 LED MR; 2 – wentylacja górna; 3 – balustrada; 4 – właz bryzgoszczelny; 5 – drabina stalowa; 6 – trzon wieży stawy nawigacyjnej; 7 – pomost roboczy; 8 – drzwi strugoszczelne; 9 – odpowietrznik – wentylacja dolna; 10 – zespół kotwiący

Trzon wieży (rys. 7) stanowi podstawowy element konstrukcyjny wieży oświetlenia nawigacyjnego. Wykonany jest z blachy stalowej o grubości 12 i 8 mm:

- segment I – walec o średnicy zewnętrznej 1908 mm i grubość blachy 12 mm na wysokości 1500 mm (część dolna segmentu z grubszej blachy ze względu na zwiększoną korozję) oraz walec o średnicy zewnętrznej 1900 mm i grubości blachy 8 mm,
- segment II – walec o średnicy zewnętrznej 1900 mm i grubości blachy 8 mm,
- segment III – stożek ścięty o wysokości 900 mm, średnicy 1900 ÷ 2500 mm i grubości blachy 8 mm,
- segment IV – walec o średnicy zewnętrznej 2500 mm, o wysokości 300 mm, o grubości blachy 8 mm i dach w postaci stożka ściętego o wysokości około 73 mm

(spadek około 5,75%); blacha poszycia dachu grubości 6 mm wzmocniona jest od spodu $L75 \times 50 \times 6$ mm.

Całkowita wysokość trzonu wynosi 6270 mm. Trzon w dolnej części (segment I) wyposażony jest w drzwi stalowe okrętowe strugoszczelne lewe o wymiarach $B \times L = 700 \times 1600$ mm oraz odpowietrznik pokładowy kulowy – wielkość 100/300-I. Na dachu będzie zamontowany stalowy właz bryzgoszczelny o wymiarach $B \times L = 650 \times 650$ mm.

W podstawie trzonu (segment I) wykonano poziomy pierścień z blachy o grubości 30 mm z otworami $\phi 23$ mm do śrub kotwiących, na kole podziałowym o średnicy 1600 mm.

Na środku dachu (segment IV) będzie przyspawana pionowa rura $\phi 159 \times 8$ mm z kołnierzem do mocowania podstawy latarni. W walcu segmentu IV wykonano otwory do mocowania balustrad i do przyspawania kolanek z rury, które umożliwią wprowadzenie kabli od urządzeń zewnętrznych.

Po zewnętrznej stronie trzonu, u góry segmentu II wykonano pierścień z rury do mocowania reflektorów radarowych.

Wewnątrz trzonu przyspawano także elementy wsporcze pod urządzenia, baterię akumulatorów, rozdzielnicę elektryczną, pomosty, drabiny, korytka kablowe, oświetlenie itp.

Elementy konstrukcyjne ze zwijanej blachy stalowej oraz poziomy pierścień z blachy o grubości 30 mm wykonano ze stali konstrukcyjnej węglowej klasy S 235 całkowicie uspokojonej.

Pomosty robocze. Wewnątrz trzonu wieży zaprojektowano 2 pomosty robocze ze stalowych obramowanych krętek pomostowych typu „Mostostal” dopasowanych do kształtu płaszcza trzonu i elementów wyposażenia.

Pomost roboczy I będzie wykonany w dolnej części konstrukcji na wysokości 276 mm od spodu stawy (306 mm od fundamentu).

Pomost roboczy II będzie zamontowany na wysokości 3,12 m nad pomostem I. W podłodze pomostu wykonany będzie otwór o wymiarach około 650×650 mm umożliwiający przejście po drabinie, przykrywany otwieraną pokrywą, również z kratki pomostowej.

Drabiny. Wnętrze trzonu wieży pełnić będzie funkcję komunikacyjną do obsługi światła nawigacyjnego i urządzeń zamontowanych na balustradzie wieży oraz osłonową do instalacji. Komunikacja z górnym pokładem obsługowym (dachem) zapewniona będzie dzięki drabinom stalowym mocowanych śrubami do wsporników stalowych, które będą przyspawane do wewnętrznej powierzchni rury trzonu. W projektowanym znaku zamontowane będą 2 drabiny.

Balustrady. Balustrada ochronna jest wokół górnego pomostu obsługowego (dachu) w planie w kształcie koła z rury stalowej $\phi 60,3/4$ mm. Poprzeczka dolna balustrady z rury $\phi 60,3/4$ mm także w kształcie koła o średnicy 2830 mm. Pomiedzy poręczą a poprzeczką dolną przyspawane są szczeble w rozstawie około 130 mm. W dolnej części przyspawany będzie także stalowy krawężnik wysokości 170 mm. Słupki balustrady o nieregularnym kształcie będą wykonane z blachy stalowej o grubości 16 mm. Do balustrady mocowany będzie:

- transponder AIS ATON typ 3 – wieża stawy nr 11 i 12,
- antena WX PRO Integrated Weather Sensor – wieża stawy nr 11,

- antena do modemu – wieża stawy nr 11,
- wiatromierz LB-746.

Podstawa latarni. W centralnej części dachu (pomostu obsługowego) zaprojektowano podstawę o długości całkowitej 1100 mm dla światła nawigacyjnego. Podstawa składa się z rury stalowej ϕ 159/8mm oraz obustronnych kołnierzy do połączenia śrubowego z trzonem stawy i do mocowania latarni typu FA-250LED MR. W rurze podstawy wykonano elementy wentylacji wieży.

Reflektory radarowe. Reflektor wykonany jest z blachy nierdzewnej o grubości 3 mm. Kształtem przypomina ostrosłup o trzech prostopadłych do siebie ścianach. Każda ściana jest trójkątem prostokątnym o długości przeciwprostokątnej 300 mm.

Zaprojektowano po 22 sztuki reflektorów na każdą wieżę stawy. Reflektory mocowane są obejmami do poziomego pierścienia z rury ϕ 30 mm przyspawanego do wieży na rzędnej około +9,98 m n.p.m.

Zakotwienie wieży światła nawigacyjnego. Wieżę stawy zakotwiono do fundamentu 16 kotwami M20 wykonanymi ze stali nierdzewnej.

URZĄDZENIA DODATKOWO POSADOWIONE NA FUNDAMENCIE STAWY NAWIGACYJNEJ

Generator wiatrowy będzie ustawiony na słupie stalowym ϕ 406,4 $\times$ 20 mm o wysokości 4,30 m. Z obu stron słupa będą wykonane pierścienie z blachy grubości 30 mm do połączenia z fundamentem oraz z generatorem. Słup generatora będzie kotwiony do fundamentu kotwami M20 wykonanymi ze stali nierdzewnej.

Ogniwo słoneczne AS 250-60 HD będzie ustawione na słupie stalowym z rury kwadratowej 150 $\times$ 5 mm o wysokości 1,83 m. Podstawę słupa stanowić będzie blacha grubości 30 mm, która zostanie połączona z fundamentem stawy. Górna część

słupa, wykonana z ceownika C160, służy do połączenia z ruchomą platformą mocującą ogniwo. Platformę można ustawiać pod kątem 20°, 45° i 70° do poziomu. Platforma wykonana jest z rury kwadratowej 150 $\times$ 5mm oraz kątownika L75 $\times$ 6 mm. Słup ogniwa będzie kotwiony do fundamentu 4 kotwami M20 wykonanymi ze stali nierdzewnej.

Zabezpieczenia antykorozyjne. Wszystkie elementy stalowe (z wyjątkiem elementów wykonanych ze stali nierdzewnej) będą mieć zabezpieczenie antykorozyjne poprzez cynkowanie oraz zastosowanie powłok malarskich, odpowiednich dla kategorii korozyjności atmosfery C5-M – bardzo duża, morska (obszary przybrzeżne i oddalone od brzegu w głąb morza o dużym zasoleniu) oraz kategorii korozyjności wody Im2 (mola, konstrukcje na morzu) według tabl. 1 i 2 normy PN-EN ISO 12944-2:2001.

Kolorystyka znaków nawigacyjnych. Kolorystyka zewnętrzna części wyposażenia znaków, tj. trzon wieży i podstawa latarni od zewnątrz oraz balustrady i konstrukcje wsporcze urządzeń przewidziano w następujących kolorach związanych z użytkowaniem znaków:

- stawa nawigacyjna Nr 11 (stawa zachodnia) – kolor zielony (RAL 6018 odblaskowy),
- stawa nawigacyjna Nr 12 (stawa wschodnia) – kolor czerwony (RAL 3020 odblaskowy).

LITERATURA

1. Projekt systemów zapewniających bezpieczną nawigację i obsługę statków LNG na podejściu i w porcie zewnętrznym w Świnoujściu. Praca naukowo-badawcza wykonana przez Akademię Morską w Szczecinie w 2012 r. pod kierunkiem prof. dr hab. inż. kpt. ż.w. Stanisława Gucmy.
2. Projekt budowlany „Budowa dwóch stawów nawigacyjnych na torze podejściowym północnym do Świnoujścia na Zatoce Pomorskiej” wykonany przez „Projmors” BPBM Sp. z o.o. Gdańsk w styczniu 2013 r.