

Na miarę czasu – Rozbudowa i zmiany profilu zespołu portowego bremenports w Bremerhaven

Dr inż. Ryszard A. Daniel – Ministerstwo Infrastruktury i Środowiska, Rijkswaterstaat, Holandia

Dipl. Ing. Dirk Mahrholz – bremenports GmbH & Co. KG w Bremerhaven, Republika Federalna Niemiec

Wiele już powiedziano na temat ekstensywnego rozwoju gospodarczego w ostatnich dekadach, jego wpływu na środowisko, a także miejsca wśród przyczyn obecnego kryzysu w europejskiej gospodarce. Można dyskutować, czy porty morskie powinny odgrywać rolę inicjującą zmiany w tej dziedzinie, czy też nie. Na pewno słuszne jest zdanie, że powinny one przede wszystkim obsługiwać ruch towarów, a nie próbować wpływać na ten ruch. Unowocześnienia i proekologiczne zmiany profilu tych towarów to głównie zadanie dla przemysłu. Jednak i tu rysuje się pewna rola dla portów. Można bowiem mieć oczy otwarte na działania przemysłu w tej dziedzinie lub nie; przewidywać, a nawet preferować obsługę przeładunków jednych towarów kosztem drugih. Można i należy dbać również o nowoczesność i ekologiczną sprawność własnych procesów przeładunkowych, składowych, dredgingowych i innych. Interesujące w tej szeroko pojętej problematyce są doświadczenia, działania i plany zespołu portów Bremerhaven i Bremy. Przyjmując w 2009 roku politykę tzw. „greenports”, porty te (bremenports) zobowiązały się prowadzić swoją gospodarczą działalność i dalszy rozwój w daleko posuniętej harmonii ze środowiskiem naturalnym.

Bremenports to nie tylko nazwa dwóch współpracujących ze sobą zespołów portowych – Bremerhaven i Bremy – ale także publicznej jednostki gospodarczej (oficjalnie z małej litery: „bremenports GmbH & Co. KG”) będącej własnością dwumiasta, a sprawującej zarząd oraz dbającej o utrzymanie i rozwój tego czwartego pod względem przeładunków zespołu portowego Europy Zachodniej. Nabrzeża i inne obiekty portowe Bremerhaven stanowią najważniejszą część tego zespołu. Położone 60 km w górę Wezery miasto Brema jest wprawdzie sercem administracyjnym i kulturalnym landu (bo Brema to oddzielny land RFN), lecz jego port ma już raczej charakter portu żeglugi śródlądowej. Artykuł poświęcony jest inwestycjom na terenie zespołu portowego Bremerhaven.

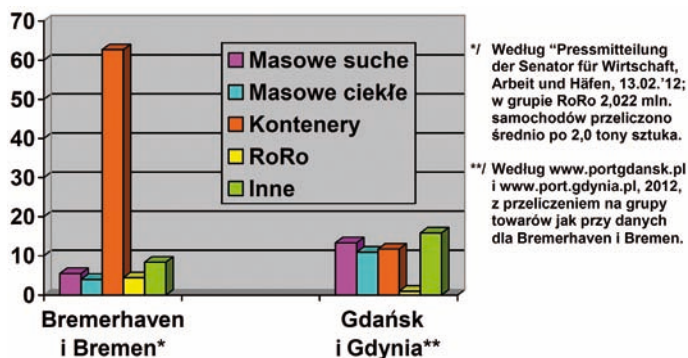
HISTORIA I WSPÓŁCZESNOŚĆ

Wolne Hanzeatyckie Miasto Brema – bo tak brzmi oficjalna nazwa dwumiasta Brema-Bremerhaven – jest wprawdzie najmniejszym landem Republiki Federalnej Niemiec (tylko 404 km²), jednak jego historia i znaczenie gospodarcze przysporzyły mu ważną pozycję w tym kraju. Jak wiadomo, Związek Hanzeatycki, do którego należało również szereg polskich miast, ma swoje początki jeszcze w średniowieczu. Z tego też okresu (dokładnie od 1260 r.) datuje się członkostwo w nim

Bremy. Jednakże przymiotnika „Hanzeatyckie” miasto używa dopiero od czasów napoleońskich, gdy po złożeniu korony przez ostatniego cesarza tzw. Świętego Cesarstwa Rzymskiego Brema odzyskała formalnie status niezależnego państwa. Wcześniej przechodziła ona otwarte na świat i często burzliwe dzieje, przypominające tu i ówdzie losy Gdańska. Była m.in. centrum reformacji, stawiała dzielny opór Szwedom, nawet już po II Wojnie Światowej miała odrębny status, będąc amerykańską enklawą w brytyjskiej strefie okupacyjnej. Podobnie jak z Gdańska, tak i z Bremy – a konkretnie z Bremerhaven – odpływały statki z emigrantami do Nowego Świata. Przypomina o tym m.in. istniejąca do dziś w porcie restauracja „Treffpunkt Kaiserhafen” zwana też „Ostatnią Knajpą przed Nowym Jorkiem”, którą autorzy gorąco polecają.

Tuż przed II Wojną Światową Bremerhaven zostało wyłączone spod prawodawstwa Bremy i pod nazwą Wesermünde wcielone do pruskiej Prowincji Hanower. Jako jedna z głównych baz Kriegsmarine miasto było kilka razy bombardowane przez aliantów. Położyło to w gruzach znaczną część tkanki miejskiej, ale kluczowa infrastruktura portu nie została zniszczona. Według niektórych historyków celowo, by służyć później jako główny port zaopatrzeniowy wojsk okupacyjnych. Wróciwszy do dawnej nazwy i związku z Brumą Bremerhaven stało się po wojnie największym obok Hamburga portem Republiki Federalnej Niemiec. Może przez swą historyczną otwartość na świat tak miasto, jak i port zadziwiająco łatwo dostosowały się do nowej rzeczywistości. Z militarnej spuścizny nie pozostało dziś prawie nic – poza jedną Szkołą Operacyjną Bundesmarine (Marineoperationsschule). Co więcej, z profilu portowych przeładunków zniknęły prawie zupełnie surowce, kruszywa, węgiel i inna tzw. masówka, robiąc miejsce przede wszystkim terminalom kontenerowym. Bremerhaven bardzo wcześniej wyczuło światowy trend w kierunku tej właśnie formy morskiego transportu i zainwestowało w jej obsługę. Dziś jest to czwarty pod względem przeładunków port kontenerowy Europy, z powodzeniem konkurujący z takimi potęgami jak: Rotterdam, Antwerpia i Hamburg. Rangę tej formy transportu bardzo wyraźnie widać na rys. 1, szczególnie gdy dane te porównamy ze strukturą przeładunków portów Trójmiasta, które – jak wiadomo – też dokonały postępów w przeładunkach kontenerów.

Drugim ważnym filarem portu jest przeładunek samochodów, głównie osobowych, choć nie tylko. Bremerhaven jest największym na świecie portem w tej grupie towarów. Stąd idzie w świat większość niemieckiego eksportu samochodów, który jest jedną z podstaw gospodarki kraju. Ruch ten jest dwukierun-



Rys. 1. Struktura przeładunków portów bremenports i Gdańsk-Gdynia, rok 2011

kowy, gdyż szereg japońskich i innych samochodów trafia do Europy też przez Bremerhaven. Przeładunek samochodów w zespole Bremerhaven-Bremen przekracza 2 miliony sztuk rocznie i – mimo kryzysu – stale rośnie.

Wreszcie trzecią domeną portu – imponującą tym bardziej, że dotyczy stosunkowo nowej grupy towarów – jest produkcja, przeładunek i szeroko pojęta obsługa urządzeń energetyki wiatrowej. Przybysz, który – jak większość z nas – skłonny jest traktować tę energetykę jako rodzaj ekologicznego hobby, dopiero w Bremerhaven uświadamia sobie, jak bardzo się mylił. Dzięki proekologicznej polityce energetycznej rządu federalnego oraz własnym prognozom i decyzjom Bremerhaven jest dziś największym w Europie dostawcą kompletnych systemów tzw. „parków” czy też „farm” wiatrowych – zarówno morskich, jak i lądowych. Obecnie instalowane turbiny morskie rodzaju REpower 6M mają moc 6 MW, ale zaawansowane są już prace nad turbinami o mocy 10 MW. Zakłady produkcyjne w Bremerhaven realizują około 600 takich „wiatraków” rocznie, nie licząc utrzymania i wymian już zainstalowanych. Same trójnogi podstaw tych wiatraków (rys. 2) ważą 850 ton. Zważywszy również na ich wymiary, można sobie wyobrazić, jakiego sprzętu potrzeba do ich załadunku i montażu na morzu.

Wspomniane trzy główne kierunki rozwoju portu świadczą o tym, że Bremerhaven stawia na obsługę ruchu towarów „czystych”, o bardzo wysokim stopniu przetworzenia i pozio-



Rys. 2. Podstawy i elementy kolumn morskich turbin wiatrowych

mie technicznym. Strategii tej podporządkowane są także plany rozwojowe bremenports GmbH & Co. KG. Patrząc z polskiego punktu widzenia, można mówić o luksusowej pozycji portu, gdyż jego zapleczem jest technologicznie wysoko rozwinięta niemiecka gospodarka. Autorzy dalecy są od sugerowania, że drogą tą powinny iść bezkrytycznie także polskie porty morskie. Jednak warto chyba – nawiązując do hanzeatyckich tradycji – przyjrzeć się bremeńskim doświadczeniom, kreśląc przyszłościowe wizje polskich portów. W dalszej części artykułu będą przedstawione szczegóły techniczne dwóch najważniejszych, niedawno zrealizowanych inwestycji portowych w Bremerhaven. Są to:

- budowa nowego Terminalu Kontenerowego CT-IV;
- budowa nowej Śluzy Cesarskiej (Kaiserschleuse).

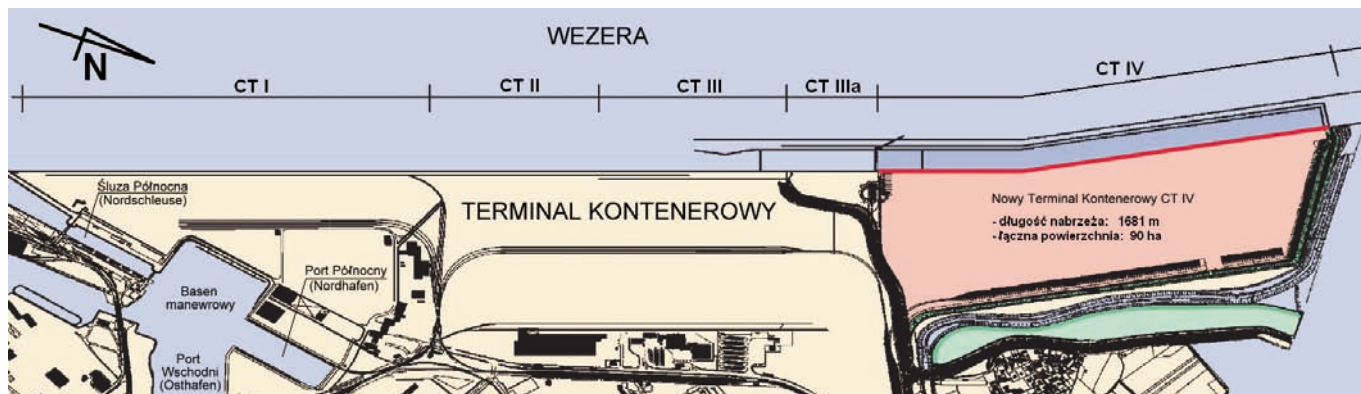
TERMINAL KONTENEROWY CT-IV

W przeładunku kontenerów port Bremerhaven utrzymuje od lat czołową pozycję w Europie i na świecie. Już w 2004 roku przeładunek ten przekroczył 3,5 mln. TEU (wówczas około 40 mln. ton). Rok wcześniej oddano do użytku ostatni etap CT-IIIa, trzeciego już Terminalu Kontenerowego CT-III o łącznej powierzchni ponad 80 ha. Zdawałoby się, że ta inwestycja upoważnia Bremerhaven do spoczęcia na laurach. Łączna długość nabrzeża kontenerowego wzdłuż Wezery (rys. 3) wynosiła bowiem już wtedy 3237 m. Przy postępującej globalizacji transportu morskiego krok taki oznaczałby jednak stopniowe oddawanie terenu konkurencji. „Z biegu” niemalże przystąpiono do realizacji kolejnego Terminalu Kontenerowego CT-IV o powierzchni około 90 ha (rys. 4). Wydłuża on linię nabrzeża kontenerowego do prawie 5 km (4918 m), zapewniając jednocześnie przyjęcie dodatkowych czterech kontenerowców – tzw. super-post-panamaxów [5] klasy Emmy Maersk (11000 TEU). W grudniu 2012 roku zawinął do Bremerhaven nawet CMA CGM Marco Polo, największy obecnie kontenerowiec na świecie o ładowności ponad 16000 TEU. W celu porównania: nowy terminal kontenerowy DCT Gdańsk SA ma 44 ha powierzchni i od zachodu dwa stanowiska – jedno długości 385 m dla post-panamaxów klasy do 7100 TEU oraz drugie długości 265 m dla kontenerowców tzw. trzeciej i czwartej generacji do 4500 TEU [9].

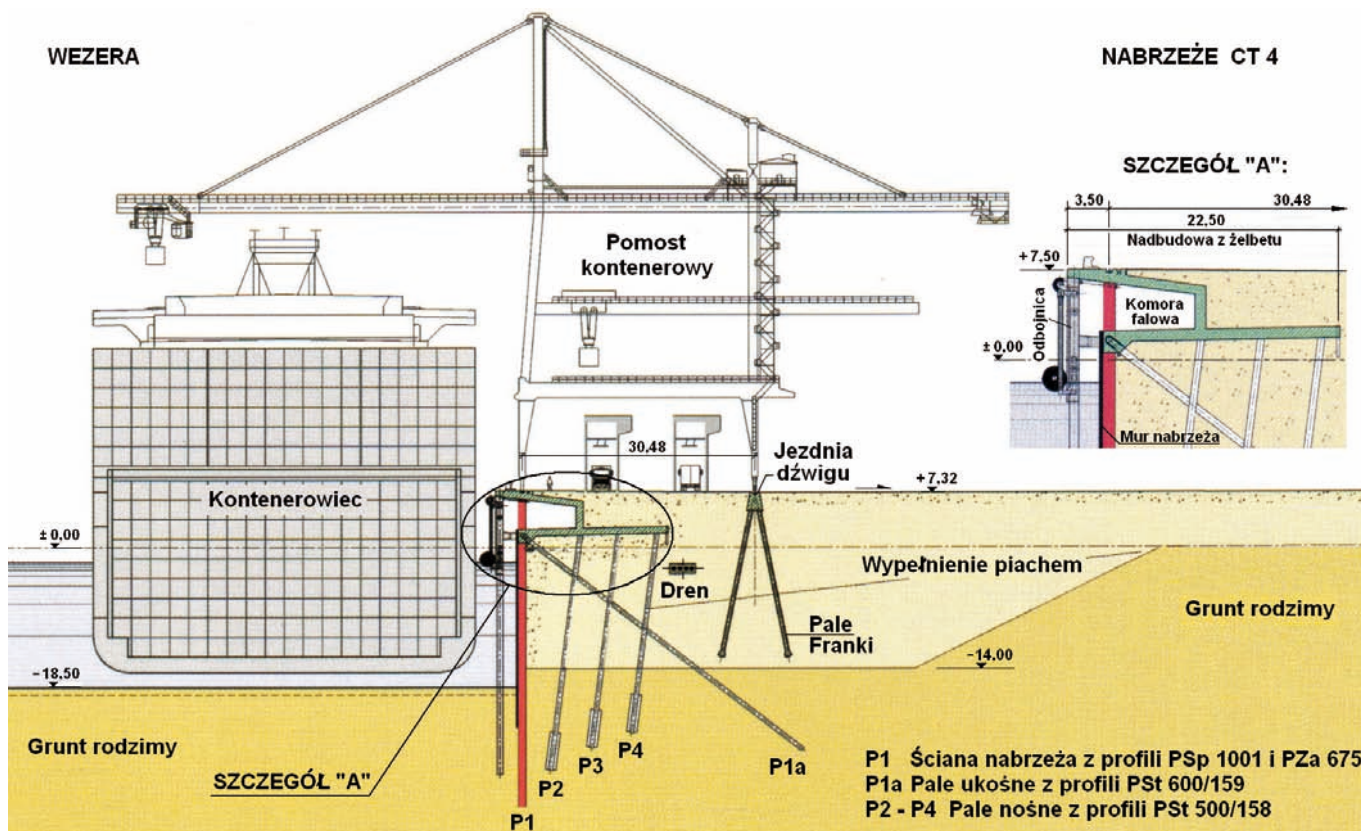
Rozbudowa na tę skalę nie odbywa się bez skutków dla środowiska naturalnego. Zgodnie z obowiązującymi przepisami



Rys. 3. Widok ogólny nabrzeża kontenerowego portu Bremerhaven



Rys. 4. Plan sytuacyjny terminali kontenerowych w Bremerhaven [na podstawie materiałów bremenports GmbH & Co. KG]



Rys. 5. Przekrój nabrzeża Terminalu Kontenerowego CT-IV [na podstawie materiałów bremenports GmbH & Co. KG]

podjęte zostały przedsięwzięcia kompensujące utratę habitatu fauny i flory w rejonie rozbudowy portu. Decyzje w takich sprawach nie są łatwe i wymagają cierpliwych negocjacji zaangażowanych stron. Ostatecznie miejsce na kompensację habitatu znaleziono na tzw. Grosse Luneplate na południe od portu. W rejonie tym utworzono zupełnie nowy polder o powierzchni 220 ha, zalewany w czasie przypływu morza, co stwarza dogodne warunki dla roślinności rzadkich, często zagrożonych roślin i zwierząt. Przyległe pastwiska o powierzchni dalszych 290 ha przywrócono przyrodzie, zamieniając je w mokradła – miejsce wylęgu i odpoczynku przelotnego ptactwa.

Warunki budowy Terminalu CT-IV były niedogodne, głównie ze względu na niejednorodny i słaby grunt. Dominowały w nim cienkie warstwy słabych glin, drobnych piasków i mułów. W rejonie przyszłego torowiska dźwigów warstwy te należało usunąć

aż do poziomu od -14,00 do -16,00 m NN¹. Dopiero wtedy przystąpiono do wbijania dwuteowych pał ścian nabrzeża z profili PEINER PSp 1001. Pałe te wbijano w odstępach osiowych 2,31 m, w które następnie wprowadzano profile ścianki szczelnej PZa 675. Rozwiązanie jest podobne do ścianki z profili HZ i AZ zastosowanej przy budowie nabrzeża Terminalu Kontenerowego DCT Gdańsk SA. Jedyną istotną różnicą ma tu charakter pozatechniczny: profile Peinera są dostarczane przez niemiecki koncern Thyssen-Krupp, podczas gdy ścianki z profili HZ i AZ to produkt koncernu Arcelor-Mittal, do którego należy większość polskich hut. W sytuacji, gdy w grę wchodzi kilometry ciężkich ścianek szczelnych o głębokości – jak w Bremerhaven – ponad 40 m, nie są to argumenty bez znaczenia. Natomiast konstrukcyjną różnicą jest fakt, że ściana nabrzeża w Bremer-

¹ NN czyli „Normalnull” to poziom odniesienia rzędnych terenu w Niemczech, zbliżony do poziomu morza.

haven (rys. 5) ma w części górnej charakter otwarty, by umożliwić tłumienie energii fal w tzw. komorze falowej (Wellenkammer). Dostęp do tej komory uzyskano przez obcięcie profilów PZa 675 na poziomie płyty dennej tak, że płyta górna komory wraz z szyną dźwigu nabrzeża opierają się wyłącznie na palach PSp 1001. Zasad działania i konstruowania komór falowych nie sposób omówić w artykule. Czytelników zainteresowanych tą sprawą autorzy odsyłają do specjalistycznej literatury, np. pracy [8] prof. J. Stahlmanna dostępnej w internecie.

Dalsze podane na rys. 5 szczegóły konstrukcji nabrzeża nie są nowe, gdyż w podobny sposób wybudowano nabrzeże Terminalu CT-IIIa. Można tu mówić o zastosowaniu technologii już sprawdzonej i to w niemalże identycznych warunkach. Przy inwestycjach tej skali jest to ważna zaleta z punktu widzenia tzw. zarządzania ryzykiem (risk management), aczkolwiek w świecie nauki polityka taka bywa uważana za konserwatywną i niesprzyjającą innowacjom. Różnice zdań w tej sprawie potrwają zapewne jeszcze pewien czas. Nowością jest natomiast zastosowanie na części stanowisk cumowniczych systemu, który mierzy prędkość i kąt uderzenia kadłubu statku o odbojnice w czasie cumowania. Na podstawie tych pomiarów można potem obliczyć rzeczywiste obciążenia cumownicze konstrukcji nabrzeża.

Zaznaczona na rysunku rzędna krawędzi nabrzeża +7,50 m NN odpowiadała poziomowi tzw. Hochwasserschutz, czyli istniejącego systemu ochrony lądu przed wtargnięciem ekstremalnie wysokich wód sztormowych. Poziom ten jest obecnie – nie tylko zresztą w Niemczech, także np. w Holandii – przedmiotem dyskusji. W najnowszych danych przewiduje się bowiem wzrost poziomu mórz i oceanów na skutek globalnego ocieplenia. W nowszych konstrukcjach wodnych, jak np. Śluza Cesarska, o której mowa w dalszej części artykułu, efekt ten już uwzględniono.

Przeładunek kontenerów można – ogólnie rzecz biorąc – prowadzić różnymi metodami, z których najbardziej znane są następujące dwie:

- metoda *Lift-off-Lift-on*,
- metoda *Roll-off-Roll-on*.

Druga z tych metod odchodzi stopniowo do przeszłości – szczególnie przy obsłudze dużych kontenerowców. Jest ona wolniejsza, pracochłonniejsza i trudniejsza do zautomatyzowania niż metoda pierwsza. Zważywszy, że każda godzina postoju jednostki klasy Emma Maersk kosztuje majątek, w Bremerhaven praktycznie cały przeładunek kontenerów odbywa się metodą „Lift-off-Lift-on”. Wiąza się z tym bardzo duże obciążenia ruchome nabrzeża oraz konieczność instalacji i utrzymania ciężkich dźwigów. Dźwigi nabrzeża Terminalu CT-IV są konstrukcjami olbrzymich rozmiarów, zdolnymi do roz- i załadunku kontenerów w osiemnastu równoległych rzędach na pokładzie. Nie jest to zresztą rekord – taki sam zasięg mają dźwigi nabrzeża DCT Gdańsk SA. W terminalach kontenerowych Rotterdamu zasięg ten wynosi do 22 rzędów kontenerów. Sam transport wewnątrz Terminalu CT-IV jest również wysoce usprawniony i odbywa się w większości za pomocą tzw. *straddle carriers*, zdolnych do przejęcia do trzech kontenerów na raz z dźwigu nabrzeża. Dwa takie pojazdy pokazano na rys. 5 pod dźwigiem nabrzeża. Myśli się nawet o całkowitej automatyzacji tego transportu tak, by ruch pojazdów odbywał się bez operatorów, w sposób zdalnie sterowany przez komputer. Z systemami takimi eksperymentuje się już m.in. w porcie rotterdamskim Europe

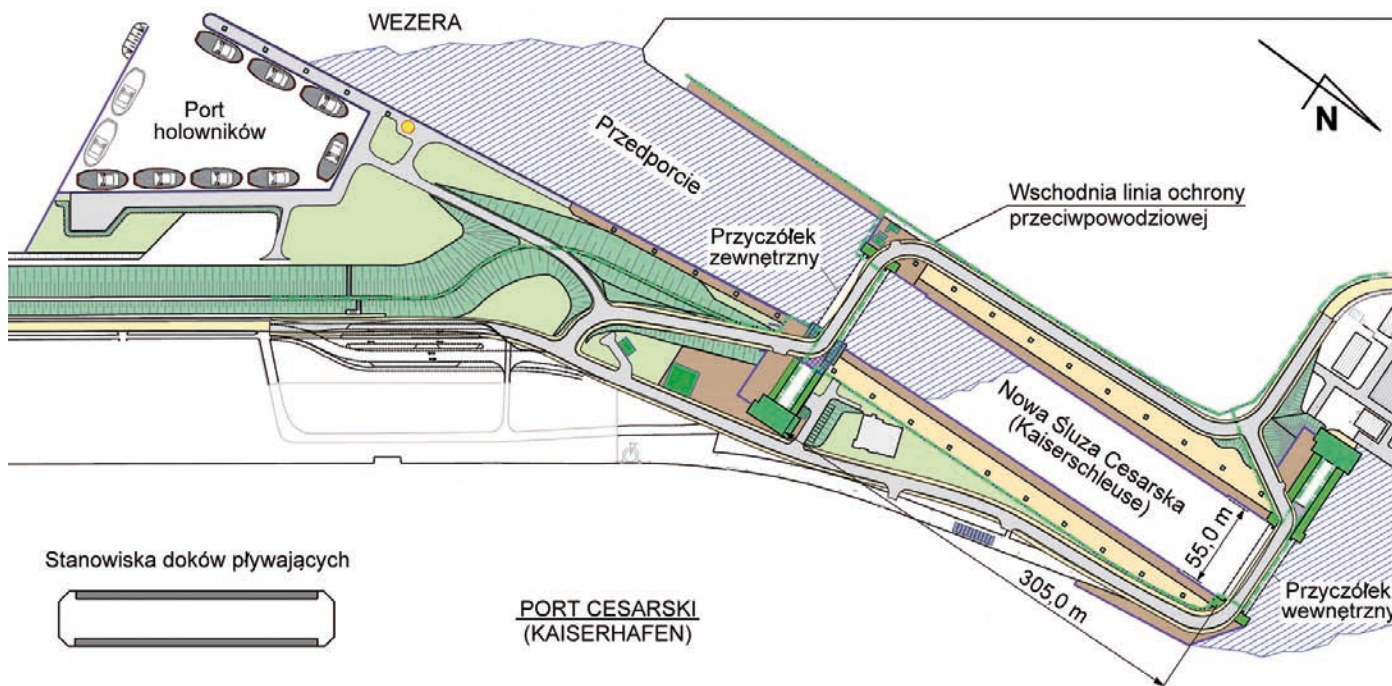
CT [4], hamburskim CT Altenwerder oraz w portach chińskich [10]. Doświadczenia z nimi są zachęcające, choć wymagają one olbrzymiej dyscypliny, np. całkowitego zakazu obecności człowieka na terenie terminalu.

NOWA ŚLUZA CESARSKA

Drugą przemawiającą do wyobraźni inwestycją portową ostatnich lat w Bremerhaven jest budowa Śluzy Cesarskiej (Kaiserschleuse) na południowy wschód od rejonu przedstawionego na rys. 4. Nie jest to – jak w przypadku Terminalu CT-IV – budowa w nowo pozyskanym od morza terenie. W rejonie tym istniała bowiem już od końca XIX wieku śluza morska o tej samej nazwie. Ze swoją szerokością koryta 28,0 m była ona nawet w momencie uruchomienia największą śluzą na świecie. Swoją nazwę zawdzięczała największemu wtedy niemieckiemu transatlantycznemu parowcowi „Cesarz Wilhelm Wielki” (Kaiser Wilhelm der Große), który cumował właśnie na redzie Portu Cesarskiego (Kaiserhafen) za śluzą. Co jednak wystarczało, a nawet imponowało w XIX wieku, to w żadnym stopniu nie zaspakaja potrzeb XXI wieku, szczególnie wobec wspomnianej już dynamiki portu w Bremerhaven. Port Cesarski utracił już wprawdzie swój słynny parowiec, jednak rozwinął się od tamtych lat do bardzo obszernego basenu portowego z wieloma nabrzeżami i zróżnicowanym charakterem przeładunków oraz innych usług portowych. Z towarów wystarczy wymienić: owoce cytrusowe, samochody i konstrukcje morskie (głównie dla energetyki wiatrowej); z usług: remonty statków w dokach pływających, usługi holownicze i odprawy celne dla całego Bremerhaven, projektowanie, produkcję, obsługę i remonty turbin wiatrowych na morzu i lądzie, organizację corocznych festiwali, w tym raz na 5 lat „Sail Bremerhaven” itd.

Nic dziwnego, że starą Śluzę Cesarską zdecydowano się wymienić na nową, odpowiadającą aktualnej wielkości i ambicjom portu. Wybór parametrów geometrycznych nie był trudny, gdyż w tym czasie wiadome już były wymiary nowoprojektowanej trzeciej linii śluz w Kanale Panamskim, śluz które określiły nowy standard w światowej żegludze morskiej. Decyzja, by do Portu Cesarskiego mogły zawiązać jednostki szerokości post-panamaxów zapadła więc bardzo szybko. Szerokość żeglugową koryta śluzy przyjęto taką samą, jak dla nowych śluz Kanału Panamskiego, t.j. 55,0 m, zaś długość i głębokość nieco mniejsze, bo odpowiednio 305,0 m i 13,0 m. Mniejsza długość wynika z przeprowadzonego studium nad rozwojem tzw. *Car Carriers* do transportu samochodów, które to – a nie kontenery – są głównym towarem przeładowywanym w Porcie Cesarskim [1]. Dla morskich śluz tej szerokości standardowym niemal rodzajem wrót są wrota przesuwne, toteż i tu wybór nie był trudny. Ze względu uwagi jednak na ograniczenia terenowe lokalizacja przestrzenna śluzy okazała się sporą łamigłówką. Wybrano kierunek północ-południe, identyczny jak śluzy starej, ale doki wrót obydwu przyczółków zlokalizowano po przeciwnych stronach koryta w tzw. układzie „Z” (rys. 6).

Budowę nowej śluzy rozpoczęto jesienią 2007 roku. Konstrukcje ścian i dna zarówno samej komory, jak i jej przyczółków z dokami wrót wykonano w ściankach szczelnych, odpowiednio kotwionych (komora śluzy) lub rozpartych (doki wrót), metodą którą można nazwać konwencjonalną, chociaż skala robót



Rys. 6. Położenie nowej Śluzy Cesarskiej [na podstawie materiałów bremenports GmbH & Co. KG]

i bardzo wąskie tolerancje wymiarowe, szczególnie dla torowiska i stref kontaktowych wrót, z pewnością konwencjonalne nie były. Dodatkowym problemem były, podobnie jak w przypadku Terminalu CT-IV, trudne warunki gruntowe. Nic dziwnego, że również tu zastosowano konstrukcje ścian szczelnych z profilów Peinera – podobne do przedstawionych na rys. 5, tylko już bez komór falowych. Dotyczy to ścian komory, jak i nabrzeży przedporcia² śluzy. Doki wrót oraz dno komory, a więc elementy poddane zmianom ciśnienia hydrostatycznego podczas pracy i remontów śluzy, zakotwiono dodatkowo prętami ϕ 63,5 mm systemu GEWI Plus firmy Dywidag. Zadbano przy tym o odpowiednie zabezpieczenia przeciwworozyjne zarówno profilów ścian nabrzeży, jak i elementów kotwiących.

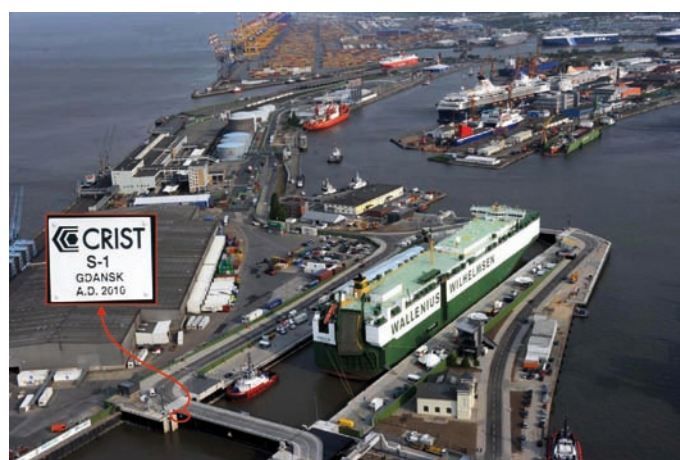
Czytelnika polskiego bardziej jednak niż samo koryto śluzy zainteresują zapewne jej wrota. Powodem tego jest fakt, że wykonano je w gdańskiej stoczni CRIST S-1. W sumie wykonano 3 wrota – dwa operacyjne i jedno rezerwowe. To, że wykonano je w Polsce może być na pewno powodem do dumy, gdyż wymagania techniczne przy budowie takich konstrukcji są bardzo wysokie, a już niewątpliwie, gdy w grę wchodzi wrota jednej z największych śluz morskich w Europie. Znak firmowy stoczni CRIST, który figuruje dziś na wrotach Śluzy Cesarskiej w Bremerhaven (rys. 7), daje świadectwo umiejętności załogi stoczni oraz odwagi i handlowo-menadżerskich zdolności jej kierownictwa w pozyskiwaniu nowych rynków. Otwiera on też drogę ku innym potencjalnym klientom europejskim w tej dziedzinie. Jest to tym bardziej budujące, że polskie stocznie mają za sobą okres niełatwych zmian i reform.

Dodatkowym powodem do dumy jest fakt, że wrota te reprezentują innowację w światowej technologii wrót przesuwanych. Innowacja dotyczy niwelowania poziomu wody w korycie śluzy. Ogólnie rzecz biorąc niwelowanie takie można rozwiązać w dwojaki sposób:

- za pomocą okrężnych kanałów z zasuwami,
- za pomocą zamykanych otworów niwelacyjnych w samych wrotach.

Przy stałych i wysokich różnicach poziomu wody, w pierwszym z tych rozwiązań można też zastosować zbiorniki pośrednie, które przechwytują wodę i pozwalają na mniejsze jej straty w procesie śluzowania. W europejskich śluzach morskich jest to jednak na ogół zbyt kosztowne, gdyż występujące różnice poziomu wody są – z wyjątkiem okresów sztormów – niewielkie.

Położenie śluzy (rys. 6) przekonuje, że pierwszego sposobu nie wzięto pod uwagę ze względu na ograniczenia terenowe. Pozostawał sposób drugi. Aby jednak na 55-metrowej szerokości uzyskać korzystny dla statków, równomiernie rozłożony strumień, liczba otworów niwelacyjnych we wrotach – każdy z oddzielną zasuwą, jej napędem itd. – musiałaby być znaczna. Projektanci z biura Rapsch und Schubert GmbH w Würzburgu



Rys. 7. Widok ogólny Śluzy Cesarskiej z wrotami wykonanymi w stoczni CRIST w Gdańsku [na podstawie materiałów bremenports GmbH & Co. KG]

² Niektórzy autorzy, np. prof. B. K. Mazurkiewicz [7], używają tu wyrażenia „awanport” śluzy.

gu zdecydowali się na niezwykle krok. Zamiast konstruować te otwory podzielili wrota na dwie części: dolną spoczywającą bezpośrednio na podwoziach i górną podnoszoną (rys. 8a). Podniesienie części górnej prowadzi do powstania 0,7 m szczeliny (rys. 8b) na całej długości wrót. Trudno wtedy o bardziej równomierny strumień przepływu przy niwelowaniu.

Podnoszenie i opuszczanie części górnej wrót odbywa się za pomocą czterech podnośników hydraulicznych – po dwa na obu oczepach skrajnych. W rozwiązaniu tym można dostrzec przysłowiową „Sicherheit” niemieckich projektantów; moc podnośników jest bowiem tak dobrana, że na wypadek awarii jednego z nich do podniesienia części górnej wystarczą dwa po przekątnej tak, by nie wprowadzać niekorzystnych dla prowadnic mimośródów.

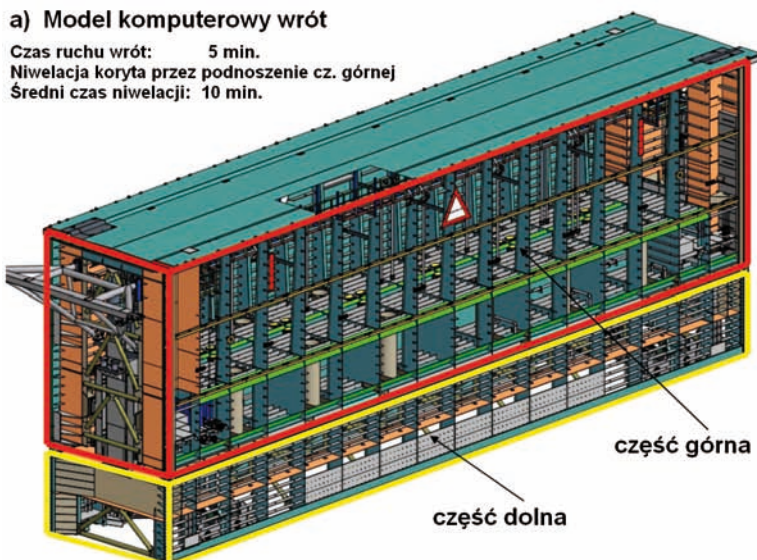
Trzeba sobie zdać sprawę z tego, że przedstawiona zasada niwelowania – choć może wydać się prostą – stanowiła poważne wyzwanie dla konstruktorów. Otwory niwelacyjne muszą być bowiem szczelne, by nie zasysać śmieci mogących zniszczyć uszczelki, nie generować drgań konstrukcji itp. Wiadomo, że szczelność tę jest łatwiej uzyskać na stosunkowo ograniczonych

wymiarach niż na 55-metrowej długości wrót. Należy pamiętać, że przesuwne wrota wielkich śluz morskich to konstrukcje o „grubości” domów mieszkalnych – w tym przypadku 9,5 m. Widać to dopiero wyraźnie, gdy zejdzie się do wnętrza takich wrót (rys. 9). Nie tylko więc długość szczeliny niwelacyjnej wymagała specjalnej uwagi konstruktorów i wykonawców, ale i jej głębokość. Podkreśla to ponownie fachowość gdańskich stoczniowców, którym udało się konstrukcję tę wykonać z wyjątkową precyzją.

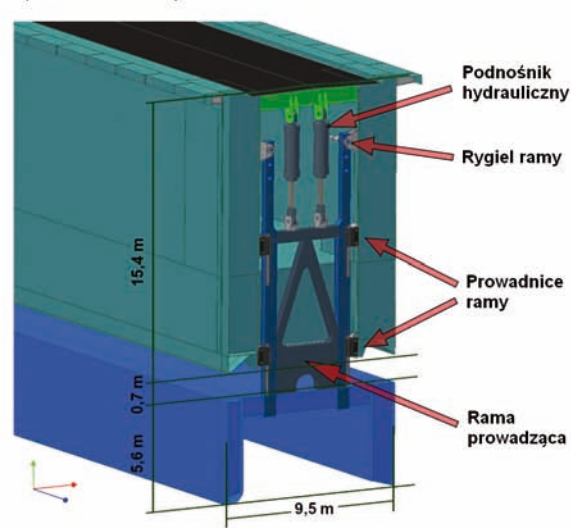
Pod względem układu podparć i samej jazdy wrota przesuwne Śluzy Cesarskiej reprezentują typową „szkołę niemiecką”, bliżej przedstawioną w książce [2] wraz ze „szkołami” belgijską i holenderską. Oznacza to, że swą stateczność przy zamykaniu i otwieraniu wrota uzyskują dzięki oparciu na podwoziach za pomocą szeroko rozstawionych rolek. Podwozia z kolei przekazują swe obciążenia na równie szeroko rozstawione szyny toru jezdnego. Cały układ działa na zasadzie podparcia sztywnego i każde poziome obciążenie wrót w czasie jazdy – np. od tzw. fali stojącej [6] – wywołuje natychmiast siły poprzeczne i nierównomierne obciążenia pionowe szyn. Skraca to cykl międzyremont-

a) Model komputerowy wrót

Czas ruchu wrót: 5 min.
Niwelacja koryta przez podnoszenie cz. górnej
Średni czas niwelacji: 10 min.



b) Mechanizm podnoszenia



Rys. 8. Dwie części wrót – model 3D (a) i mechanizm podnoszenia (b) [na podstawie materiałów bremenports GmbH & Co. KG]



Rys. 9. Widok wewnątrz wrót śluzy



Rys. 10. Rezerwowe podwozia i zasada oparcia wrót na rolkach

towy układu. Szerokie rozstawy szyn i rolek podporowych wrót łagodzą wprowadzić ten efekt, ale go nie eliminują, jak to ma miejsce we wrotach „szkoły holenderskiej”. Zaletą jest za to stosunkowa prostota podparcia i brak prowadnic poziomych, które we wrotach „szkoły holenderskiej” odgrywają zasadniczą rolę.

Po zamknięciu wrota nie są szczelne w pierwszej fazie niwelowania. Dopiero po osiągnięciu pewnej różnicy poziomu wody następuje ich przemieszczenie na rolkach ku powierzchniom kontaktowym przyczółka i w ślad za tym uszczelnienie. Dzieje się tak dzięki nachyleniu α płyt łożyskowych wrót (rys. 10) tak dobranemu, by przemieszczenie to nie następowało za szybko ani za późno przy różnych naciskach G (w Śluzie Cesarskiej $\alpha = 3^\circ$). Naciski zależą m.in. od aktualnego wypełnienia zbiorników powietrznych wrót. Przy otwieraniu ten sam mechanizm zapewnia zwolnienie powierzchni kontaktowych wrót przed samym ruchem po szynach, dzięki czemu nie następuje ścieranie materiałów kontaktowych. Dalsze szczegóły konstrukcji wrót autorzy podają w czasopiśmie holenderskim [3].

UWAGI KOŃCOWE

Z braku miejsca nie omawiamy tu innych elementów śluzy, choć są to również ciekawe konstrukcje. Do najciekawszych należą – również wykonane w gdańskiej stoczni CRIST – mosty ruchome nad dokami wrót. Interesujący jest także wysoce zautomatyzowany system obsługi urządzeń, żywotność poszczególnych komponentów obiektu oraz przyjęty reżim inspekcji i prac eksploatacyjnych. Współczesne projektowanie obiektów tej skali to nie tylko kwestia doboru technologii i wymiarowania wynikających z niej elementów, lecz szeroko pojęta optymalizacja kompletnych systemów (tzw. *systems engineering*) na przestrzeni ich całych „cykli życia” (*life cycles*).

W artykule pominięto także inne inwestycje prowadzone na terenie portu w Bremerhaven, poza Terminalem Kontenerowym CT-IV i Śluzą Cesarską. Interesującą jest np. budowa nowego tzw. Offshore Terminalu, nastawionego przede wszystkim na

montaż, przeładunek i obsługę ciężkich konstrukcji dla energetyki wiatrowej. Po oddaniu do użytku w 2015 roku terminal ten jeszcze bardziej umocni czołową już dziś pozycję portu w tej dziedzinie w Europie. Mimo tych pominięć autorzy mają nadzieję, że przedstawiony materiał przybliży port Bremerhaven, jego obiekty i ambicje polskim inżynierom. Racją bytu każdego portu jest otwartość na świat. Oby we wspólnych europejskich strukturach otwartość ta owocowała jeszcze głębszą i – nie bójmy się tego określenia – hanzeatycką współpracą naszych portów.

LITERATURA

1. bremenports GmbH & Co. KG: Hafenbau in Bremerhaven. Neubau der Kaiserschleuse, broszura bremenports GmbH & Co. KG, Bremerhaven, 2008.
2. Daniel R. A.: Contact behavior of lock gates and other hydraulic closures. LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, 2011.
3. Daniel R. A., Mahrholz D.: Sluisdeuren van de Keizerssluis in Bremerhaven – Innovatief nivelleren met gespleten roldeuren. Bouwen met Staal, nr 04/2013, April 2013.
4. Fumarola M. et al.: The virtual terminal – Visualizing and structuring the future container terminal. Proceedings of the Port Infrastructure Seminar, Delft, June 2010.
5. Krüger A., Staats R.: Mit der BOX zum Welthafen – Die Geschichte der Containerkaje in Bremerhaven. bremenports GmbH & Co. KG, Bremerhaven 2008.
6. Magda W.: Fala stojąca Stokesa – krytyczna analiza wzorów wynikających z aproksymacji 2 rzędu. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 6/2012.
7. Mazurkiewicz B.K.: Porty Jachtowe – Mariny. Projektowanie. Fundacja Pomocy Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej, Gdańsk, 2004.
8. Stahlmann i in.: Moderne Kajakonstruktionen im Anforderungsprofil norddeutscher Häfen. Technische Universität Braunschweig, Braunschweig 2010.
9. Utes F., Trottnow U.: Drehscheibe für Warenverkehr. Das Tiefwasser-Containerterminal Danzig. Umriss – Zeitschrift für Baukultur, 5/2007.
10. Zhu M. et al.: Modeling and Simulation of Automated Container Terminal Operation. Journal of Computers, Vol. 5, No. 6, June 2010.