

Budowa gazociągu podmorskiego – wybrane problemy logistyczne

Wstęp

Wzrastające zapotrzebowanie na surowce energetyczne, zarówno na świecie, jak i w większości państw europejskich sprawia, iż większość państw podejmuje wysiłki dla maksymalizacji bezpieczeństwa energetycznego własnego państwa. Zintensyfikowało to działania prowadzące do rozbudowy infrastruktury połączeń rurociągowych między dostawcami a odbiorcami surowców energetycznych, w szczególności gazu ziemnego i ropy naftowej. Występujące do drugiej połowy XX wieku ograniczenia techniczno - technologiczne sprawiały, iż początkowo bardzo dynamicznie rozwijał się jedynie lądowy transport przesyłowy. Postępujący rozwój technologiczny (obejmujący również doskonalenie metod budowy rurociągów podmorskich), połączony ze wzrastającym zapotrzebowaniem na surowce energetyczne i intensyfikacja pozyskiwania surowców energetycznych ze źródeł podmorskich sprawił, że budowanie podmorskich rurociągów przesyłowych stało się nie tylko realne, ale wraz z upływem czasu stawały się one coraz dłuższe. Charakteryzowały się one ponadto coraz większą przepustowością i były również układane na coraz większych głębokościach, nierzadko przekraczających 2 000 m. Współcześnie podmorskie ropociągi i gazociągi stają się coraz ważniejszym elementem regionalnych systemów przesyłowych.

Dokonując ogólnej systematyki podmorskich rurociągów i gazociągów wyróżnić możemy: rurociągi transportujące ropę naftową lub gaz ziemny od złóż podmorskich do terminali na wybrzeżu oraz rurociągi tranzytowe, transportujące surowce ze złóż na lądzie przez morze do innych lądowych terminali odbiorczych.

Mówiąc o problematyce budowy podmorskiego gazo- lub ropociągu odnosimy się zwykle od tego problemu, jako wyzwania inżynierskiego, pomijając lub umniejszając zagadnienia logistyczne oraz badawcze.

Odnosząc się do problematyki badawczej poprzedzającej fazę projektową należy uwzględnić ocenę następujących elementów: geomorfologii dna na planowanej trasie przebiegu rurociągu podmorskiego, prądów morskich, warunków hydrometeorologicznych, naprężenia statyczne i dynamiczne mogące wystąpić podczas budowy i/lub związane z działaniem prądów morskich czy ciśnień hydrostatycznych, przebieg szlaków żeglugowych, instalacji morskich, obszarów połowu ryb, lokalizację poligonów morskich, a także istniejące kable i rurociągi podwodne sąsiadujące z planowaną trasą przebiegu rurociągu. Nie mniej ważne jest przeanalizowanie aspektów środowiskowych, a więc określenie czy i w jakim stopniu budowa i eksploatacja rurociągu może wpłynąć na morski ekosystem. Nie wolno również zaniedbać uwzględnienia takich elementów jak: wraki morskie, pozostałości wojenne, zatopiona amunicja, pozostałości wynikające z normalnej eksploatacji morza (zerwane kotwice, sieci rybackie, zatopiony ładunek itp.), jak również zatopione zabytki. W przypadku budowy gazociągu *Nord Stream* szczególnie istotnym zagrożeniem była zatopiona broń chemiczna.

Powyższe fakty wskazują jak ważna jest przy budowie podmorskiego rurociągu faza projektowa, modelowanie komputerowe. Zagadnienia i wyzwania logistyczne i inżynierskie przedstawione zostaną w dalszej części niniejszej publikacji.

Z danych udostępnionych przez spółkę *Nord Stream AG* dowiadujemy się, że gaz ziemny przesyłany gazociągiem *Nord Stream* pokrywać będzie w 25% zapotrzebowanie Unii Europejskiej na gaz ziemny. Po uruchomieniu dwóch nitek gazociągu możliwy będzie roczny przesył 55 mld m³ gazu ziemnego. Ma on długość 1 224 km, w tym tylko 2 km to odcinki suche (lądowe, w Rosji około 1,5 km oraz w Niemczech około 0,5 km). Gazociąg *Nord Stream* rozpoczyna się w Zatoce Portowaja w pobliżu miasta Wyborg w Rosji, a kończy u wybrzeża Lubmin w pobliżu niemieckiego Greifswaldu.

Trasa gazociągu przebiega przez wody terytorialne lub wyłączne strefy ekonomiczne następujących

¹ Dr hab. inż. Tomasz Szubrycht, prof. nadzw. AMW, Akademia Marynarki Wojennej

państwa nadbałtyckich: Rosji, Finlandii, Szwecji, Danii i Niemiec. Przesył gazu realizowany będzie bez użycia pośredniej stacji kompresyjnej. Jest to możliwe dzięki: tłoczni Portowaja, generującej ciśnienie 220 bar i wyposażonej w 8 turbin gazowych o łącznej mocy 366 MW, stacji pomiarowej i urządzenia do regulacji ciśnienia. Czasokres jego eksploatacji przewiduje się na 50 lat. Główną bazą surowcową, która posłuży do zapełnienia Gazociągu Północnego jest złożo Južnoruskoje w rejonie Krasnosielkupskim w Jamalsko-Nienieckim Okręgu Autonomicznym na Nizinie Zachodniosyberyjskiej. Zasoby tego złoża szacuje się na około 1 bln m³ gazu, przy czym jego zdolność produkcyjna określana jest na 15 – 25 mld m³ rocznie, co stanowi 27 - 45,5% planowej przepustowości *Nord Stream*'u.

Rurociąg *Nord Stream* został zbudowany oraz będzie eksploatowany zgodnie z normą DNV OS-F101 *Podmorskie systemy rurociągowo*, wydaną przez norweską organizację Det Norske Veritas (DNV). Zastosowana zostanie wersja z roku 2000, ze zmianami i poprawkami z roku 2003. Norma DNV OS-F101 zawiera kryteria i wytyczne dotyczące projektu, materiałów, wykonania, produkcji, instalacji, odbioru wstępnego, odbioru właściwego, eksploatacji oraz konserwacji systemów rurociągowych.

Poniżej na rys. 1 i rys. 2 przedstawiono trasę wybudowanego gazociągu oraz głębokości na jakich on został wybudowany.

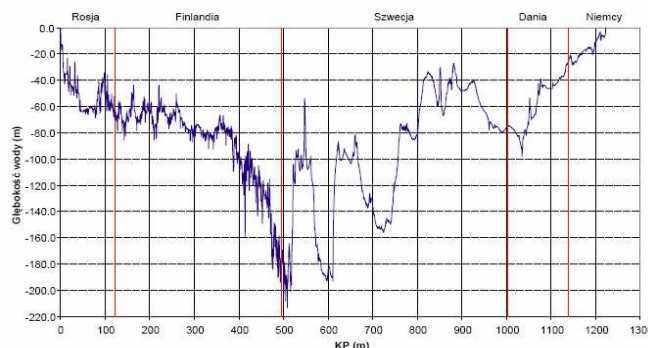


Rys. 1. Trasa przebiegu gazociągu *Nord Stream*

Źródło: <http://www.nord-stream.com/pl>

Nitki rurociągu będą prawie równoległe po dnie Morza Bałtyckiego, w odległości wynoszącej zasadniczo 100 m od siebie. Minimalna odległość między oboma nitkami wynosi 6 metrów (w miejscu wyjścia na ląd w Niemczech), natomiast maksymalna odległość to 2 950 metrów na PK 134² w fińskiej wyłącznej

strefie ekonomicznej (EEZ). Maksymalna głębokość położenia gazociągu występować będzie na PK 508 i wynosi odpowiednio 213 m i 210 m, natomiast średnia głębokość ułożenia gazociągu to 80 metrów³. Łączna wartość inwestycji szacowana była na 7,4 mld euro, w rzeczywistości okazała się jednak wyższa.



Rys. 2. Głębokości ułożenia gazociągu *Nord Stream*

Źródło: <http://www.nord-stream.com/pl>

Już na cztery lata przed rozpoczęciem budowy gazociągu, opracowano pierwszy plan logistyczny. Jednym z jego ważnych punktów było zainwestowanie ponad 100 mln euro w infrastrukturę portów zaangażowanych w ten projekt. Gazociąg *Nord Stream* był i pozostaje wielkim przedsięwzięciem inżynierskim, w które zastosowano kompleksową logistykę oraz dostawców i podwykonawców z całego świata. W roku 2010 koncepcji ekologicznej logistyki budowanego gazociągu *Nord Stream* otrzymała "Niemiecką Nagrodę Logistyczną" przyznaną przez Niemiecki Towarzystwo Logistyczne.

Potwierdzeniem wyzwań przed jakimi stali budowniczy gazociągu najlepiej obrazują następujące dane:

- przebadano ponad 2500 km² korytarza dna morskiego wzdłuż planowanej trasy przebiegu gazociągu;
- średnie tempo układania rur, wynosiło 2 - 3 km dziennie i uzależnione było od panujących warunków pogodowych;
- do budowy gazociągu wykorzystano ponad 200 000 stalowych rur, o łącznej wadze ponad 4,6 mln ton;
- prace wykopowe i pogłębiarskie na całej trasie rurociągu wyniosły ponad 3,2 mln m³;
- przeprowadzenie testów ciśnieniowych z każdej z dwóch nitek rurociągu wymagało wy-pompowania 1,27 mln m³ wody;

² PK to punkt kilometrowy

³ <http://www.nord-stream.com/pl/gazociag/budowa/>

- równocześnie, co najmniej 30 statków pracowało nad inwestycją w różnych częściach Morza Bałtyckiego.

Wstępne analizy i oceny teoretyczne obejmowały badania specjalistyczne oraz wykonanie studium wykonalności. Zrealizowane zostały one w latach 1998 – 1999, czyli na osiem lat przed rozpoczęciem programu zabezpieczenia logistycznego i wykonane były przez firmę *North Transgas*. W roku 2007 przeprowadzono dodatkowe badanie rozpoznawcze w celu oceny potencjalnych tras alternatywnych oraz rozszerzenia kilku części korytarza badań ustalonego w roku 2005. Początkowo trasa została ustalona na podstawie badań teoretycznych, geofizycznych badań rozpoznawczych z roku 2005, a także pobranych w roku 2006 szczegółowych analiz geofizycznych, geotechnicznych i środowiskowych.

W latach 2007 i 2008 przeprowadzono kolejne etapy wyboru trasy na podstawie konsultacji z organami administracji w pięciu krajach, przez których akweny przebiega rurociąg (zwanych krajami pochodzenia). Ostatecznie zaakceptowana trasa została uzupełniona o kolejne szczegółowe badaniami geofizyczne. Tak więc zaproponowana trasa rurociągu została ostatecznie ustalona na podstawie szerokiego zakresu badań i konsultacji, które przeprowadzono na zlecenie *Nord Stream AG*. Niektóre państwa i instytucje pozarządowe poddają w wątpliwość obiektywizm i rzetelność przeprowadzanych badań i analiz. Jednak nawet oponenci budowy muszą przyznać, że koncepcja logistyczna budowy gazociągu *Nord Stream* była wykonana perfekcyjnie.

Cały gazociąg składa się z przeszło 200 000 rur stalowych o długości 12,2 m i zewnętrznej średnicy nominalnej 1220 mm (48") i trzech różnych grubościach ścian rur (odpowiednio 34,4, 30,9 i 26,8 mm), przy czym w pobliżu wybrzeża i na odcinkach lądowych grubość ścian będzie wynosić w Rosji - 41 mm, a w Niemczech - 30,9 mm. Ponadto zaprojektowany rurociąg jest zdolny do bezpiecznego przesyłu gazu w temperaturze morza wynoszącej od -10° do $+40^{\circ}\text{C}$. Stalowe rury pokryte zostały betonowym płaszczem obciążającym o grubości od 60 do 110 mm i maksymalnej gęstości $3\ 040\ \text{kg/m}^3$. Ruda żelaza stanowi 70% masy płaszczu, a pozostałe 30% stanowi beton (cement i kruszywo). Podstawowym celem betonowego płaszczu jest zapewnienie stabilności położenia rurociągu. Zapewnia on jednak również dodatkową ochronę zewnętrzną przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Od wewnątrz wszystkie rury przesyłowe, w celu ograniczenia tarcia hydraulicznego i poprawy warunków przepływu, pokryte zostały specjalną przeciwcier-

ną powłoką epoksydową o grubości od 90 do 150 μm . W celu zminimalizowania ryzyka korozji, rury przewodowe zostały pokryte trójwarstwową zewnętrzną powłoką polietylenową o grubości 4,2 mm⁴. Dodatkowo, niezależną od powłoki antykorozyjnej ochroną antykorozyjną zapewniają anody protektorowe z aluminium i cynku.

W celu zminimalizowania ryzyka zaważenia się rur podczas instalacji, na odcinkach zagrożonych w ściśle określonych odstępach, zainstalowane zostały usztywniacze (wzmocnienie rur). Usztywniacze zostały przyspawane do rurociągów na odcinkach podatnych na wygięcia, tzn. w obszarach na których gazociąg jest układany na znacznych głębokościach. Odstęp między usztywniaczami wyniesie 927 metrów (odległość równa 76 rurom). Po ułożeniu gazociągu i połączeniu poszczególnych sekcji gazociągu przeprowadzono próby szczelności gazociągu.

Produkcja rur, pokrywanie ich powłoką betonową, przechowywanie i wreszcie transport do barek montażowych są częścią łańcucha logistycznego opracowanego przez *Nord Stream*. W kwietniu 2010 r., kiedy rozpoczęto budowę pierwszej nitki rurociągu, w pięciu portach strategicznie rozlokowanych wokół Bałtyku czekało już niemal dwie trzecie rur potrzebnych do konstrukcji. Wybór portów był częścią strategii krótkich tras transportu drogą morską i koleją. Dzięki koncepcji krótkich odcinków i bardziej przyjaznemu dla środowiska transportowi rur drogą morską i koleją do atmosfery trafiło o 200 000 ton CO₂ mniej niż przy wyborze innych opcji.

Logistyczne wyzwania przy budowie gazociągu *Nord Stream*

Analizując problematykę zabezpieczenia logistycznego układania podmorskiego Gazociągu Północnego należy ponownie podkreślić, iż nie można zawęzić tego problemu jedynie do aspektu układania nitek rurociągu. Koncepcja logistyczna miała o wiele szerszy wymiar i faktycznie rozpoczęła się na kilkadziesiąt miesięcy przed rozpoczęciem budowy obu nitek *Nord Streamu*.

Koncepcja logistyczna została opracowana tak, aby zminimalizować konieczny transport lądowy

⁴ Powłoka, pokrywała całą długość rury, z wyjątkiem odcinków o długości 200 - 250 mm przy końcach rur, pozbawionych powłok w celu ułatwienia spawania i kontroli.

i morski. Wszędzie tam, gdzie to było możliwe, preferowano wykorzystanie istniejących już zakładów. Pozwoliło to uniknąć budowania nowych. Co więcej, jak zapewniają inwestorzy, przy opracowaniu koncepcji logistycznej priorytetem była minimalizacja oddziaływania na środowisko naturalne (przede wszystkim morski ekosystem Morza Bałtyckiego) i maksymalna redukcja kosztów. Plany budowy i logistycznego zabezpieczenia budowy gazociągu okazały się wystarczająco elastyczne, aby sprostać okresom wymuszonych przestojów, wynikających z niekorzystnych warunków pogodowych w Morzu Bałtyckim.

Wstępne działania zabezpieczające utrzymanie właściwej dynamiki dostaw rur, która stanowiła kluczowy element terminowości układania gazociągu wymagała zrealizowania wielu „pobocznych” przedsięwzięć logistyczno-planistycznych, do których zaliczyć możemy między innymi:

- modyfikację obszarów portowych, tworzenie składów rur, niezbędne inwestycje drogowe i kolejowe, tylko w infrastrukturę logistyczną, niezbędną dla pokrywania rur obciążającymi płaszczami betonowymi, zainwestowano 100 mln euro;
- pozyskiwanie, przygotowanie oraz transport materiału niezbędnego dla wyrównania nierówności dna morskiego na trasie przebiegu;
- zaplanowanie produkcji i terminowych dostaw rur stalowych do miejsc nakładania obciążających płaszczy betonowych;
- dostawy niezbędnych materiałów dla płaszczy betonowych, którym pokryte zostały rury stalowe, z których układany był gazociąg (materiałem tym było kruszywo i rudy żelaza);
- problem składowania przygotowanych do ułożenia rur i ich transport na barki układające gazociąg;
- wybór lokalizacji portów zabezpieczających układanie gazociągu;
- odbiór i utylizacja wytwarzanych odpadów.

Jak już wspomniano, gazociąg *Nord Stream* (zwany również Gazociągiem Północnym) ma długość 1 224 km. Jak podaje spółka *Nord Stream AG*, w trakcie całego procesu układania trwającego około 20 tysięcy godzin odnotowano łącznie jedynie 24 godziny wymuszonych i niezaplanowanych przerw, w trakcie których rury nie mogły być dostarczone. Miało, to miejsce podczas wyjątkowo mroźnej zimy na przełomie 2010 i 2011 roku. Świadczy to dobitnie nie tylko o doskonałym planowaniu, ale również o jego perfek-

cyjnej realizacji. Nawet jeśli założymy, że czas wymuszonych przerw był faktycznie dłuższy, to i tak przerwy w dostawie stanowią jedynie 0,1% zaplanowanego czasu układania⁵. Należy jednocześnie podkreślić, iż chodzi o przerwy w dostawie rur, a nie o niezaplanowane przerwy w układaniu gazociągu.

Przed przystąpieniem do układania gazociągu istniała konieczność dokonania pewnych interwencji w dno morskie polegających na wyrównywaniu nierówności dna morskiego oraz na usypaniu nasypów żwirowych tworzących stabilne podpory dla gazociągu. Niezbędny materiał był dostarczany i usypywany przez specjalistyczne jednostki pływające.

Wykorzystywany materiał skalny pozyskiwano między innymi z kamieniołomu w okolicach Kotki. Taka lokalizacja spowodowana była faktem, iż większość prac zrównywania nierówności dna morskiego miała miejsce w Zatoce Fińskiej. Pokruszone skały, którymi był granit rapakiwi (zwany także brunatną magmą bałtycką) był przetransportowany z kamieniołomu do pobliskiego portu, gdzie był składowany przed załadunkiem na statki przewożące go w nakazany rejon układania nitek gazociągu.

Wykonanie prac ingerujących w dno morskie wzdłuż trasy rurociągu, w tym działań zarówno przed, jak i po ułożeniu gazociągu (tj. prace ziemne dokonywane odpowiednio przed i po ułożeniu gazociągu), planowane jest przez cały okres budowy.

Działania poprzedzające położenie gazociągu, w tym ułożenie podsypki trwały około pięć miesięcy dla każdej z nitek rurociągu. Działania następujące po położeniu rurociągu będą dokonywane przed i po odbiorze i potrwać około 14 miesięcy dla północno-zachodniej nitki gazociągu i 21 miesięcy dla południowo-wschodniej nitki gazociągu.

Rury stalowe wykorzystywane do budowy obu nitek podmorskiego gazociągu zostały wyprodukowane w walcowniach rur w Rosji i w Niemczech. Tam też rury zostały pokryte specjalną wewnętrzną powłoką zmniejszającą tarcie oraz powłoką antykorozyjną na zewnątrz.

Zadanie budowy zakładów nakładających powłoki obciążające i powiązanej z nimi infrastruktury została powierzona francuskiej firmie EUPEC. Firma ta będzie również prowadzić oba zakłady nakładające betonowe powłoki obciążające. Do zakresu jej zadań należeć będzie również przewóz, przeładunek oraz magazynowanie rur w regionie Morza Bałtyckiego.

⁵ *Raport Espoo, Rozdział 4 – Opis projektu Nord Stream*, Luty 2009, <http://www.nord-stream.com>

Firma EUPEC może w razie konieczności zoptymalizować zaplanowane wcześniej procesy logistyczne.

Po dokonaniu tych czynności wstępnie przygotowane rury zostały przetransportowane do zakładów nakładających betonowe powłoki obciążające (Kotce w Finlandii i Sassnitz-Mukran w Niemczech), gdzie nałożona zostały powłoki obciążeniowe.

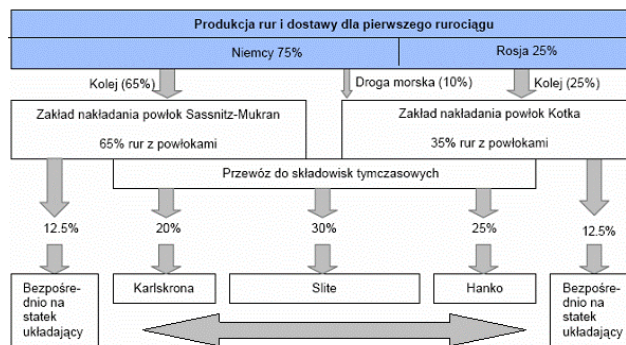
Wybór lokalizacji zakładów nakładania powłok obciążających i placów magazynowych został oparty na dogłębnej analizie szerokiego zakresu czynników. Jednym z bardzo istotnych determinant wyboru były ograniczenia transportowe (lądowe i morskie), jak również minimalizacja oddziaływania na środowisko.

Większość rur była transportowana kolejną bezpośrednio z fabryk do zakładów nakładania powłok obciążających. Dostawy kolejowe do Kotki rozpoczęły się w czerwcu 2008 i potrwały do października 2009 (czyli 17 miesięcy). Dostawy Sassnitz-Mukran rozpoczęły się w styczniu 2010 i trwały do marca 2011 (15 miesięcy). Plan dostaw wynikał z przyjętych planów budowy gazociągu. Niewielka część rur wyprodukowanych w Niemczech (odpowiadająca 34 ładunkom okrętowym lub 10% długości rurociągu) została przewieziona statkami z Bremy do Sassnitz-Mukran lub Kotki.

Materiały do płaszczy betonowych, takie jak cement i kruszywo, były dostarczane do zakładów nakładających powłoki obciążające głównie ze źródeł lokalnych, drogą kolejową. Wykorzystywana ruda żelaza była natomiast przewożona dużymi statkami transportowymi z Narwiku w Norwegii do Kotki. Dostawy rudy do Sassnitz-Mukran realizowane były z wykorzystaniem statków średniej wielkości. Przewidziano również możliwość alternatywnych dostaw rudy na potrzeby niemieckiego zakładu, a mianowicie dostarczanie rudy żelaza dużymi statkami transportowymi do Rostocku, a następnie w oparciu o małe jednostki ruda miała być przewożona do Sassnitz-Mukran. Ten wariant dostawy rudy był w rzeczywistości wykorzystany w pojedynczych przypadkach.

Cement i kruszywo oraz ruda żelaza były dostarczane do zakładu nakładającego powłoki obciążające w Kotce nieprzerwanie od listopada 2008 do czerwca 2011 (czyli przez 32 miesiące), a w Sassnitz-Mukran od stycznia 2009 do marca 2012 (czyli przez 39 miesięcy).

Poniżej na rys. 3 przedstawiono organizację dostaw rur oraz proces ich przygotowania do położenia.



Rys. 3. Proces logistyczny realizowany w trakcie budowy Gazociągu Północnego

Źródło: Raport Espoo, Rozdział 4 – Opis projektu Nord Stream, Luty 2009

Wszystkie rury stalowe były przechowywane na placach magazynowych w pobliżu obu zakładów nakładających płaszcze betonowe. Ich powierzchnia wynosiła odpowiednio w Kotce - 35 ha, a w Sassnitz-Mukran - 50 ha, a następnie transportowane do tych zakładów, w których nałożone zostały betonowe płaszcze obciążające wzmocnione klatkami stalowymi. Zdolność produkcyjna każdego z nich wynosiła około 1 000 rur tygodniowo. Łączna wartość surowców i robocizny dla fazy obejmującej pokrywanie rur betonową powłoką obciążającą oraz inwestycji logistycznych wynosiła około 650 mln euro.

Na rys. 4 przedstawiono jeden z takich placów magazynowych.



Rys. 4. Przykład jednego z magazynów rur (Kotka)

Źródło: <http://www.nord-stream.com>

Następnie przewożone były na kolejne place magazynowe, z których transportowano je bezpośrednio na statki układające nitki gazociągu lub na place magazynowe w Finlandii i Szwecji, które znajdowały się bliżej środkowego odcinka trasy przebiegu gazociągu. Pokryte betonowym płaszczem obciążającym rury stalowe były dostarczane do jednego z pięciu portów leżących na trasie przebiegu gazociągu, gdzie na odpowiednio przystosowanych placach oczekiwały na załadunek na jednostki dowożące je na barki do

układania podwodnych rurociągów należących do koncernów Saipem i Allseas⁶.

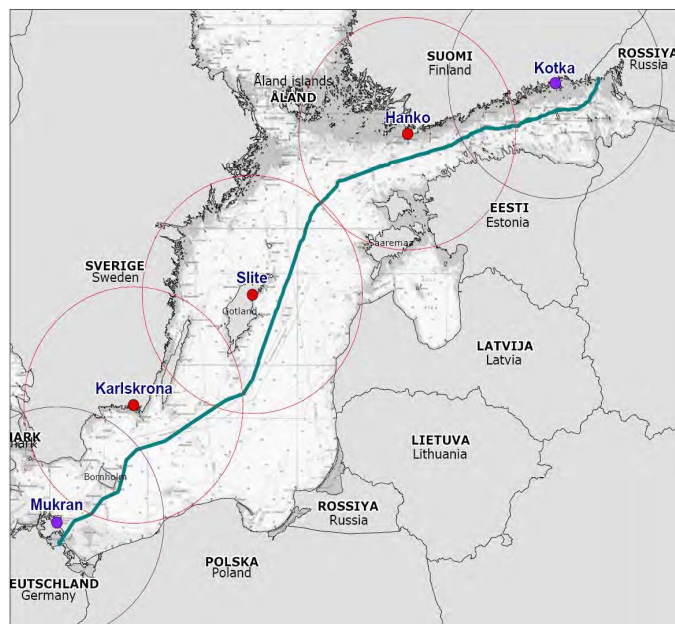
Spółka *Nord Stream AG* i jej wykonawcy wybrali ostatecznie pięć lokalizacji z listy 68 portów znajdujących się w basenie Morza Bałtyckiego. Przydatność tych portów została następnie oceniona pod kątem różnych czynników. Była to między innymi: odległość od miejsc produkcji rur i nakładania obciążających płaszczy obciążających, odległość do trasy przebiegu gazociągu, dostępność połączeń kolejowych, głębokość morza, dostępna infrastruktura przemysłowa.

Ostatecznie, ze względów logistycznych, rury pokryte obciążającymi powłokami obciążającymi, do budowy środkowych odcinków gazociągu, zostaną przetransportowane na place magazynowe statkami żeglugi przybrzeżnej. Planowane lokalizacje placów magazynowych są następujące:

- Hanko w Finlandii;
- Slite (Gotlandia) w Szwecji;
- Karlskrona w Szwecji.

Kluczową cechą przyjaznej dla środowiska koncepcji logistycznej budowy gazociągu *Nord Stream* było stworzenie oraz wykorzystanie sieci pięciu strategicznie położonych terenów logistycznych (patrz rys. 4): dwóch fabryk, w których rury pokrywane były betonową powłoką (w Kotka w Finlandii, i w Sassnitz-Mukran w Niemczech) oraz trzech stacji rozrządowych (Hanko w Finlandii, oraz Slite i Karlskrona w Szwecji). Każde z tych miejsc oddalone było maksymalnie o 100 mil morskich od trasy przebiegu gazociągu. Umożliwiło to statkom przenoszącym rury na pokonywanie dystansu do statków układających rury i z powrotem w czasie nie dłuższym niż 24 godziny. Transport na czas oraz utrzymanie w doskonałej jakości ponad 200 000 rur, o łącznej wadze ponad 4,6 mln ton, było prawdziwym wyzwaniem.

Poniżej na rys. 4 przedstawiono lokalizację placów magazynowych.



Rys. 4. Lokalizacja strategicznych terenów logistycznych wyznaczonych w trakcie układania gazociągu podwodnego

Źródło: Dokumentacja *Nord Stream* dotycząca Oceny Oddziaływania na Środowisko na potrzeby konsultacji, wymagana Konwencją ESPOO, Tom I: Streszczenie dokumentacji

Podmorskie odcinki gazociągu zostały podzielone na pięć stref instalacyjnych. Połączenie głównych odcinków gazociągu przeprowadzone zostały w dwóch miejscach na dużej głębokości oraz w jednym miejscu w pobliżu brzegu. Jedno połączenie wykonane zostało nad powierzchnią wody (PK 1196, tj. na styku stref małej i dużej głębokości wody na odcinku wód niemieckich (poza obszarem Natura 2000).

Warto przypomnieć, że łącznie ułożono 2 444 km podmorskiego gazociągu (dwie nitki, każda o długości 1 222 km) oraz lądowa część o łącznej długości 4 km (dwie nitki po 2 km). Poniżej w tabeli 1 przedstawiono jednostki układających podmorski gazociąg *Nord Stream*.

⁶ Zob. Jakusz Gostomski W., *Wpływ Gazociągu Północnego na bezpieczeństwo energetyczne Unii Europejskiej* AMW, Gdynia 2012, praca magisterska

Tabela 1. Jednostki specjalistyczne wykorzystywane do układania podmorskich nitek Gazociągu Północnego

nazwa jednostki	długość jednostki [m]	długość położonego odcinka [km]	czas układania odcinka	uwaga
Castoro Dieci	165	28,0	VI – X. 2010	zaprojektowana do prac na płytkich wodach
Castro Sei	193	853, 5	IV. 2010 – V. 2011	jednostka ułożona blisko 70% obu nitek gazociągu
Solitaire ⁷	367	342,5	IX. 2010 – VIII 2011 oraz VI. 2011 – XI. 2012	pierwsza nitka druga nitka

Źródło: Dokumentacja *Nord Stream* dotycząca Oceny Oddziaływania na Środowisko na potrzeby konsultacji, wymagana Konwencją ESPOO, Tom I: Streszczenie dokumentacji.

Jednostki te, zdolne do ułożenia 2 - 3 kilometrowego odcinka rurociągu dziennie, wyposażone są w kilkanaście stanowisk montażowych, wielkie powierzchnie magazynowe do składowania rur oraz centralny, podnoszony wysięgnik o regulowanym kącie nachylenia, dzięki któremu możliwe jest układanie rurociągów zarówno na niewielkich, jak i na szczególnie dużych głębokościach. Podczas układania rurociągu zanurzony w wodzie wysięgnik zmniejsza powodowane przez fale i prądy morskie napięcie statyczne i zapobiega nadmiernemu wykrzywianiu się/uszkodzeniom opadającym na dno rurociągu.

Na zakończenie rozważań poświęconych koncepcji logistycznego zabezpieczenia budowy podmorskiego gazociągu należy wspomnieć o odpadach powstałych przy jego budowie, które musiały zostać zutilizowane. Odpady obejmują około 2 875 ton złomu metalowego oraz 625 ton zużytego oleju oraz kilkaset ton odpadów „komunalnych” – śmieci i ścieków powstałych na jednostkach układających nitki Gazociągu Północnego.

O skali wyzwania może świadczyć fakt, że po przeprowadzeniu testów ciśnieniowych, z każdej z nitek gazociągu wypompowanych zostało 1,27 mln m³ wody. Wodą tą można napełnić zbiornik o powierzchni 1 km² i głębokości 2,54 metra.

Istotnym wyzwaniem było również zabezpieczenie logistyczne działań na lądowych (fakt tylko 2 km) odcinkach Gazociągu Północnego oraz zabezpieczenie lądowych składowisk i magazynów. Obejmowało ono między innymi takie elementy jak:

- budowa wszystkich dróg dostępu i obszarów niezbędnych do transportu oraz wyładunku materiałów i sprzętu potrzebnego do przeprowadzenia prac w terenie;
- instalacja tymczasowych ogrodzeń w celu zapewnienia izolacji i bezpieczeństwa;
- ogrodzenie zapewniające ograniczenie oddziaływań spowodowanych pracami budowlanymi do obszaru budowy;
- budowa wymaganego niezbędnego systemu odwadniającego na terenie prac nabrzeżnych, zapewniającego pozostawanie obszarów prac przez cały czas w odpowiednim stanie.

Podsumowując przedstawione zagadnienia zabezpieczenia logistycznego procesy budowy podwodnego gazociągu należy stwierdzić, iż jest to złożone wyzwanie organizacyjne. Sprawna realizacja budowy gazociągu *Nord Stream* dowodzi, że przyznanie nagrody koncernowi *Nord Stream AG* przez Niemieckie Towarzystwo Logistyczne wydaje się w pełni uzasadnione.

Streszczenie

Budowa podmorskiego gazociągu i ropociągu to nie tylko poważne wyzwanie finansowe czy inżynierskie, ale również, a może przede wszystkim, logistyczne. Utrzymanie wysokiej dynamiki budowy przy zachowaniu wysokiej jakości, wymaga złożonych działań z zakresu szeroko rozumianego zabezpieczenia logistycznego. Niniejsza publikacja ma celu przybliżenie złożoności wyzwań logistycznych, jakim musieli stawić czoło budowniczowie gazociągu Nord Stream.

Abstract

The undersea pipelines are not only serious engineering and financial but there is also serious logistics challenge. The Nord Stream Pipeline was the biggest infrastructure project in the Baltic Sea region, which required a customized logistics concept to ensure that it will be built safely and with minimal impacts on the sensitive ecosystem of the Baltic Sea. The paper shows

⁷ Solitaire to największa barka do układania podwodnych rurociągów na świecie.

the how complicated from logistic point of view was the Nord Stream Pipeline project.

Literatura

1. <http://www.nord-stream.com/pl/gazociag/budowa/>
2. Raport Espoo, Rozdział 4 – Opis projektu *Nord Stream*, Luty 2009, <http://www.nord-stream.com>
3. Jakusz Gostomski W., Wpływ Gazociągu Północnego na bezpieczeństwo energetyczne Unii Europejskiej, AMW, Gdynia 2012
4. Dokumentacja *Nord Stream* dotycząca Oceny Oddziaływania na Środowisko na potrzeby konsultacji, wymagana Konwencją ESPOO, tom I: Streszczenie dokumentacji, Luty 2009, <http://www.nord-stream.com/>