

Tunel kolejowo-drogowy między Danią a Niemcami

Informację opracował Janusz POLIŃSKI¹

Streszczenie

Dania i Niemcy realizują projekt budowy tunelu pod cieśniną Belt Fehmarn. Ukończenie inwestycji jest przewidywane w 2029 roku. Tunel zapewni sprawną komunikację drogową i kolejową między niemiecką wyspą Fehmarn i duńską wyspą Lolland, co w efekcie znacznie skróci czas przejazdu między Skandynawią i Niemcami. Innowacją będzie budowa jego fragmentów na brzegu, a następnie przemieszczenie do miejsca stałego posadowienia, co wykluczy potrzebę znacznie droższej metody wiercenia. W informacji podano istotne wyjaśnienia dotyczące konstrukcji oraz technologii budowy.

Słowa kluczowe: nowe rozwiązania transportowe, tunel kolejowo-drogowy

W 2008 roku Dania i Niemcy podpisały porozumienie o budowie tunelu pod cieśniną Belt Fehmarn, umożliwiającego przejazd pojazdów drogowych i pociągów towarowych oraz pasażerskich. Nowy ciąg transportowy połączy brzegi cieśniny między niemiecką wyspą Fehmarn, a duńską wyspą Lolland (rys. 1).



Rys. 1. Położenie projektowanego tunelu [8]

Tunel będzie alternatywą dla połączeń promowych, które co roku przewożą miliony pasażerów i towarów. Obecnie, ruch między Półwyspem Skandynawskim i Niemcami przez Danię może odbywać się promem przez cieśninę (przeprawa trwa około 1 godziny) lub dłuższą trasą przez mosty między wyspami Zelandii, Fionii i Półwyspu Jutlandzkiego [1]. Tunel o długości 18 km, którego oficjalna nazwa brzmi *Fehmarnbelt Fixed Link*, będzie najdłuższym na świecie drogowo-kolejowym obiektem budowanym metodą zatapianych elementów, z dwiema dwupasmowymi jezdniami i dwoma torami kolejowymi (rys. 2). Przejazd pociągu tunelem będzie trwał 7 minut, a samochodu 10 minut. Obiekt

będzie jedną z największych inwestycji infrastrukturalnych w Europie gdyż jego koszt wyniesie 7,2 mld euro.



Rys. 2. Widok tunelu po stronie duńskiej [7]

W celu porównania: tunel pod kanałem La Manche, łączący Anglię i Francję, był ukończony w 1993 roku. Koszt budowy tunelu o długości 50 km wyniósł 12 mld funtów (około 13 mld euro). Francusko-angielski tunel jest znacznie dłuższy niż tunel pomiędzy Niemcami i Danią i został wykonany maszynami wiertniczymi, natomiast niemiecko-duński tunel będzie ułożony z opuszczanych na dno morza prefabrykowanych segmentów, co uczyni go najdłuższą konstrukcją tego typu na świecie.

Od 2008 roku oba państwa przyjęły wiele wspólnych przepisów, przeprowadziły badania geologiczne nadbrzeży i dna morskiego, a także badania środowiskowe. O ile w Danii wszystkie prace przygotowawcze zostały uporządkowane do 2019 roku, to w Niemczech niemal do końca 2020 roku

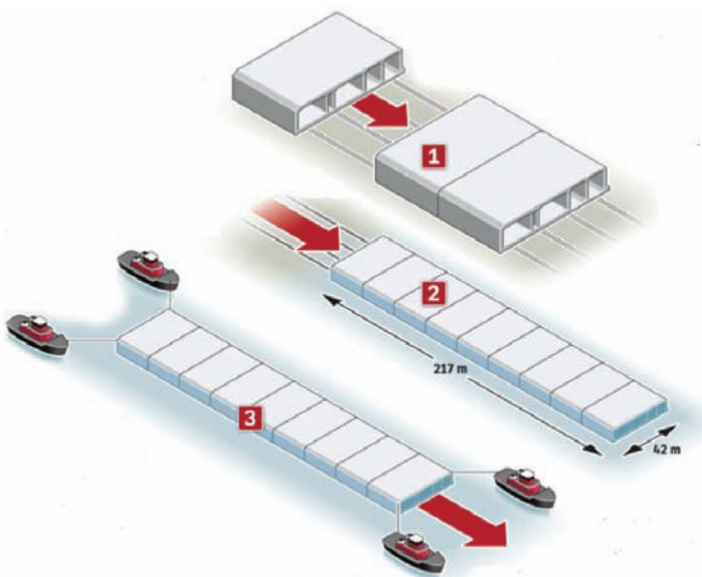
¹ Dr inż., emerytowany pracownik Instytutu Kolejnictwa, e-mail: jpolin53@vp.pl.

były rozpatrywane odwołania organizacji ekologicznych, lokalnych gmin, a także firm promowych. Niemiecki Federalny Trybunał Administracyjny z siedzibą w Lipsku ostatecznie odrzucił wszystkie sześć pozostających do rozpatrzenia pozwów z żądaniem anulowania zgody na budowę tunelu. Ta decyzja usunęła ostatnią przeszkodę do rozpoczęcia realizacji przygotowywanej od dłuższego czasu inwestycji [3].

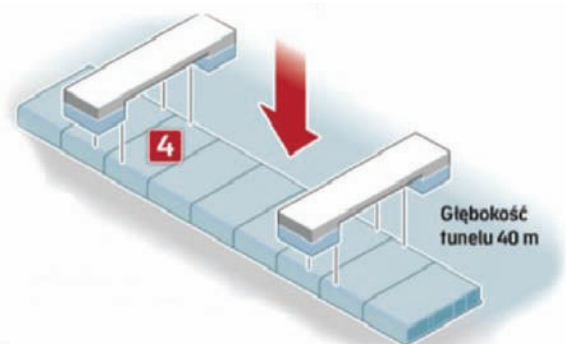
Budowa tunelu rozpoczęła się w sierpniu 2020 roku i ma potrwać do 2029 roku. W specjalnie przygotowanym wykopie w dnie morza będą umieszczone segmenty tunelu zbudowane na lądzie.

W styczniu 2021 roku, po stronie duńskiej (wyspa Lolland, miejscowość Rødbyhavn) rozpoczęto budowę

terminala i linii montażowej do budowy 79 osobnych segmentów o długości 217 m, szerokości 42 m i 9 m długości oraz 10 segmentów specjalnych o obniżonej dolnej części, które umożliwią działanie wewnątrz tunelu. Obiekt będzie ważył 73 tys. ton [4]. Segmenty będą przetransportowane na miejsce na barkach specjalnej konstrukcji i umieszczone pod dnem morskim (najgłębsze miejsce to około 40 metrów poniżej poziomu morza). Z dna morskiego będzie wybrane około 19 mln m³ kamieni i piasku. Materiał posłuży do usypania na wyspie Lolland nowych obszarów przyrodniczych o powierzchni 3 km². Technologię budowy tunelu pokazano na rysunkach 3, 4 i 5 [8]. Przekrój tunelu pokazano na rysunku 6.



Rys. 3. Łączenie segmentów w element i ich transport na miejsce posadowienia [8]

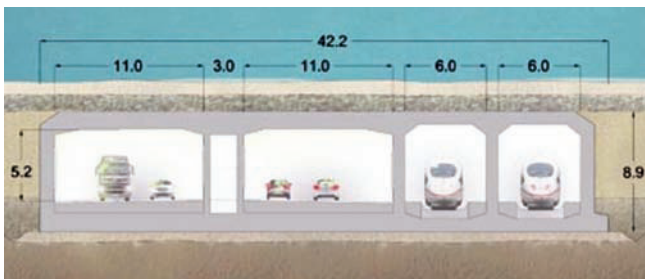


Rys. 4. Ułożenie elementu na dnie [8]



Rys. 5. Prace wykończeniowe [8]

Na rysunkach na 3, 4, 5 pokazano: 1 – żelbetonowe segmenty są wykonywane na nabrzeżu, jeden element tunelu jest tworzony z dziesięciu segmentów, 2 – każdy element jest wyposażony w szczelne grodzie i jest przetransportowany do suchego doku, 3 – holowniki przemieszczają element w miejsce jego ułożenia, 4 – poszczególne elementy są mocowane ze sobą, a po uszczelnieniu jest wypompowana z nich woda, 5 – specjalne pontony ze zbiornikami balastowymi są połączone z elementami tunelu. Do poszczególnych grodzi w elementach betonowych zostaje wpompowana woda morska, następnie, woda morska jest wpompowywana do zbiorników balastowych pontonów. Elementy tunelu są opuszczane na dno i miękko osiadają w uprzednio przygotowanym wykopie.

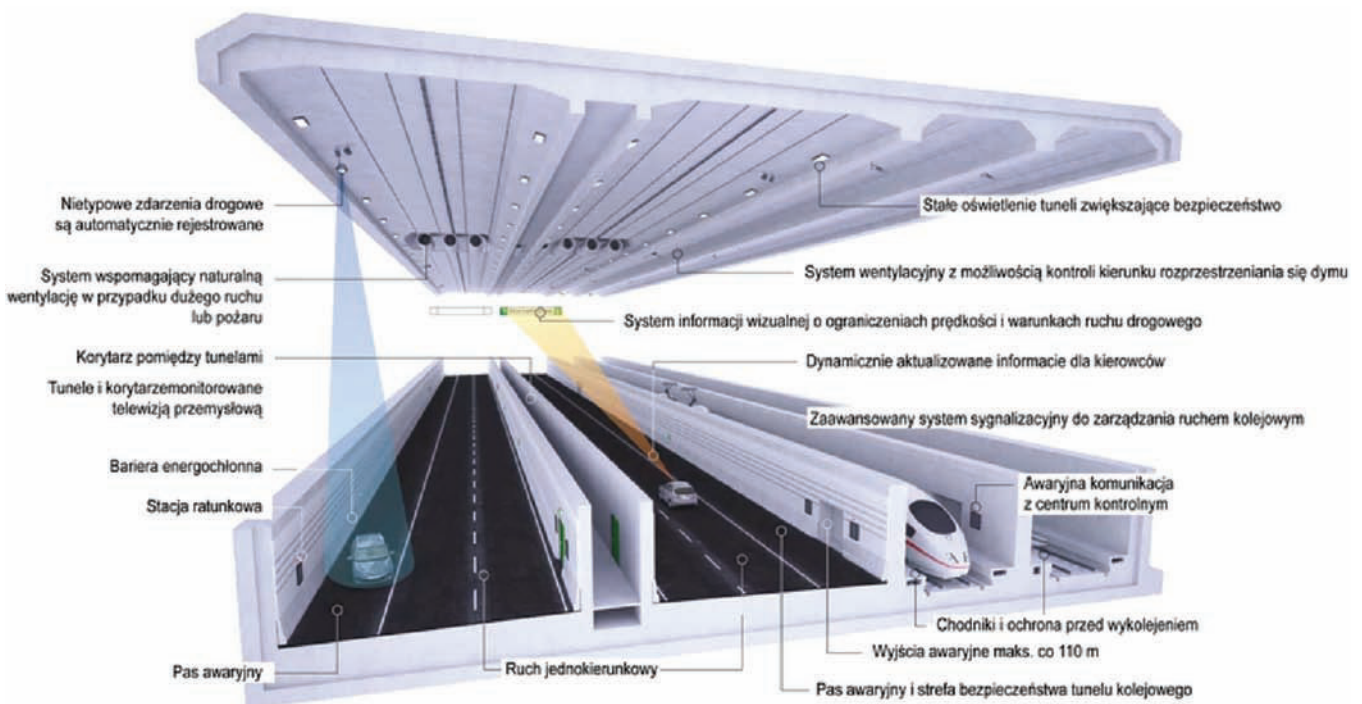


Rys. 6. Przekrój poprzeczny tunelu [5]

Strona niemiecka sfinansuje tylko budowę dojazdów drogowych i kolejowych po swojej stronie. Koszty przewidywanych prac wyniosą około 3,5 mld euro. Za przejazd tunelem spółka Femern² będzie pobierała opłaty w nieokreślonej na razie wysokości. W tunelu przewiduje się maksymalny ruch pojazdów drogowych z $V = 110$ km/h, natomiast pociągów $V = 160$ km/h. Zakłada się eksploatację pociągów towarowych o długości do 1050 m i pociągów pasażerskich o długości do 400 m. Maksymalna prędkość eksploatacyjna pociągów towarowych będzie wynosiła 140 km/h. Przekrój poprzeczny tunelu wraz z pokazaniem systemów zapewniających bezpieczeństwo pokazano na rysunku 7.

Jednym z wyzwań dla linii kolejowej jest opracowywanie specjalny system separacji systemów napięciowych. Na tym odcinku zasilanie trakcyjne zmienia się między systemami zasilania: niemieckim – 15 kV i 16,7 Hz i duńskim – 25 kV i 50 Hz. Zakłada się, że przekazywanie pociągów odbędzie się bez ich zatrzymania, przy maksymalnej prędkości w obu kierunkach i na każdym torze.

Planowane są zaawansowane systemy wczesnego wykrywania usterek części bieżących pociągów, które mogą prowadzić do ich wykolejenia. Do tego celu opracowano system, który po wykryciu usterki spowoduje zatrzymanie pociągu przed wjazdem do tunelu. Zastosowanie takiego rozwiązania ma zapobiegać poważnym wypadkom i zwiększyć



Rys. 7. Przekrój poprzeczny tunelu wraz z elementami zapewniającymi bezpieczeństwo przejazdów [4]

² *Ferneern Link Contractors* – spółka joint venture z francuską firmą Vinci, duńskim Per Aersieffem i kilkoma innymi firmami, w tym belgijską firmą inżynierską CFE wraz z przedsiębiorstwem pogłębiarkowym DEME [4].

bezpieczeństwo ruchu kolejowego. Wskaźnikiem potencjalnego wykolejenia jest wysoka temperatura maźnic i układu hamulcowego spowodowana usterką. Dlatego przytrowe systemy wykrywania zagranych osi, będą skanowały temperatury zestawów kołowych dojeżdżających do tunelu. Jeżeli temperatura przekroczy zadaną wartość, generowany będzie komunikat alarmowy powodujący zatrzymanie pociągu.

Ważną rolę spełni także Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym (ERTMS) włączeniu duńskich i niemieckich systemów sterowania pociągami, w celu zapewnienia płynnego i bezpiecznego przekazywania pociągów [6]. Z przeprowadzonych w tym celu obliczeń wynika, że biorąc pod uwagę pociągi towarowe i pasażerskie, zapewnienie bezpiecznego zatrzymania pociągu przed tunelem w przypadku stwierdzonych usterek, będzie wymagał 4 kilometrowego odcinka na jego bezpieczne zatrzymanie.

Bibliografia

1. <https://podroze.onet.pl/aktualnosci/tunel-fehmarnbelt-na-dnie-baltyku-polaczy-niemcy-i-danie-w-2029-roku/6q967gn> [dostęp 15.01.2021].
2. <https://gadzetomania.pl/61973,gigantyczny-tunel-na-dnie-baltyku-polaczy-niemcy-i-danie> [dostęp 15.01.2021].
3. <https://www.gospodarkamorska.pl/federalny-trybunal-administracyjny-zezwoil-na-budowe-podmorskiego-tunelu-miedzy-niemcami-a-dania-55096> [dostęp 15.01.2021].
4. <https://newmobility.news/2020/12/31/kickoff-of-worlds-longest-submerged-road-and-train-tunnel/> [dostęp 15.01.2021].
5. <https://www.tunneltalk.com/Denmark-Germany-Oct12-Fehmarn-tunnel-prequalification-call.php> [dostęp 15.01.2021].
6. <https://www.globalrailwayreview.com/article/74576/denmark-germany-signalling-systems/> [dostęp 15.01.2021].
7. <https://www.theconstructionindex.co.uk/news/view/atkins-lands-rail-role-for-fehmarnbelt-tunnel> [dostęp 15.01.2021].
8. http://www.rejsuj.pl/aktualnosci/1286/niemcy_i_dania_buduja_tunel_laczacy_te_panstwa/# [dostęp 15.01.2021].