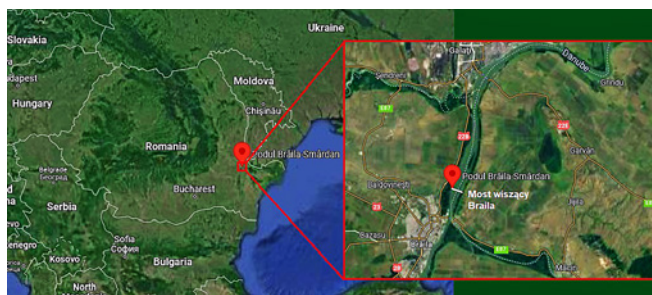


# Najdłuższy most wiszący na Dunaju w Rumunii – most Brăila



tekst: KRZYSZTOF DĄBROWIECKI

W cieniu najdłuższego na świecie mostu wiszącego Çanakkale 1915 w Turcji i bez specjalnej reklamy budowany jest najdłuższy w Rumunii, a zarazem jeden z najdłuższych w Europie mostów wiszących – most Brăila na Dunaju we wschodniej części kraju (ryc. 1). Łączy miasta Brăila (pol. Braiła) i Galați (pol. Gałac) z miejscowością Măcin w okręgu Tulcea (pol. Tulcza) na przeciwległym brzegu rzeki. Będzie to pierwszy most w dolnym biegu Dunaju, przepływającego przez 10 krajów europejskich.



Ryc. 1. Lokalizacja mostu Brăila, na podstawie Google maps

Rozpoczęta w 2018 r. inwestycja ma być zakończona w 2023 r. Rumunia od 2007 r., a więc od przystąpienia do Unii Europejskiej, nadała najwyższy priorytet rozwojowi infrastruktury komunikacyjnej w kraju, w tym strategii modernizacji bazy drogowej w regionie północnej Dobrudży (rum. Dobrogea). W rezultacie tego planu budowa mostu wiszącego Brăila została zakwalifikowana jako główne przedsięwzięcie rozwoju sieci dróg w trójkącie miast wzdłuż Dunaju: Brăila, Galați i Măcin. W przyszłości stanie się on częścią drogi ekspresowej Buzău – Brăila – Tulcea – Constanța (pol. Konstanca), planowanej do realizacji w latach 2022–2030. Droga ta połączy południową część Mołdawii i Muntenii z północną Dobrudżą i deltą Dunaju. Dlatego Unia Europejska, mając na uwadze politykę rozwoju regionalnego krajów członkowskich, finansuje most Brăila w 75% ze swojego budżetu [1].

Brăila to miasto portowe liczące ok. 180 tys. mieszkańców. Współczesne centrum Brăili zostało zbudowane na przełomie XIX i XX w. i jest uznawane za zabytek. Zachowały się tu bezcenne obiekty architektoniczne usytuowane przy ulicach ułożonych w formie koncentrycznych półokręgów, rozpoczynających się i kończących na brzegu Dunaju. Nowożytny etap miasta rozpoczął się od zawarcia traktatu adrianopolskiego w 1829 r., który położył kres wojnie rosyjsko-tureckiej (1828–1829) i spowodował po niemal 300 latach przejście miasta spod rządów imperium osmańskiego pod zarząd księstw naddunajskich, a po 1859 r. do powstałego współczesnego państwa rumuńskiego. Uzyskany w 1836 r. status miasta wolnego handlu przyczynił się do rozwoju portu, z wielokrotnością ruchu statków obsługujących wymianę

handlową. Pod koniec XIX w. w porcie tym ekspediowano jedną trzecią całego rumuńskiego eksportu. W tym czasie w mieście powstało wiele kamienic zamożnych kupców żydowskich, greckich, bułgarskich, włoskich i ormiańskich. Po II wojnie światowej socjalistyczny rząd położył główny nacisk na industrializację miasta, rozbudowując liczne zakłady przemysłu chemicznego i maszynowego. Po zmianie ustroju w 1990 r. nastąpił upadek przemysłu, powodując zastój w rozwoju, aż do czasu przystąpienia Rumunii do UE. Stocznia rzeczna w Brăili jako jeden z nielicznych zakładów przemysłowych przetrwała trudny okres transformacji, zmieniając właściciela. Jest nim obecnie norweska spółka inżynierska Vard, w której większościowym udziałowcem jest włoski koncern stoczniowy Fincantieri S.p.A z siedzibą w Trieście.

W odległości 22 km na północ od Brăili znajduje się miasto Galați, duży port rzeczny i ośrodek przemysłowy z populacją liczącą ok. 250 tys. osób. Ma ono strategiczne położenie nad Dunajem, tuż przy granicach z Mołdawią i Ukrainą. Jeszcze w latach 90. XX w. huta w tym mieście zatrudniała ponad 40 tys. pracowników i była wówczas największym w tej branży przedsiębiorstwem w Europie. Dla porównania, obecnie zakłady stalowe Sidex po restrukturyzacji zatrudniają jedynie 6 tys. pracowników. W Galați funkcjonuje największa stocznia morska nad Dunajem, w której budowane są duże statki pełnomorskie, jak również małe łodzie patrolowe dla straży przybrzeżnej. Turystycznie jest to wciąż nieodkryty zakątek Rumunii z licznymi zabytkowymi cerkwiemi, eklektycznymi budynkami, malowniczymi parkami i ogrodami. Zatrzymują się tutaj rzeczne statki wycieczkowe w drodze z Wiednia do Konstancy, aby turyści choćby przez parę godzin mogli zwiedzić miasto.

Măcin to najmniejsza miejscowość wspomnianego trójkąta miast. Położona jest na przeciwległym brzegu Dunaju w stosunku do Brăili i Galați i liczy niewiele ponad 8 tys. mieszkańców. Powstała na miejscu starożytnej osady celtyckiej, a później rzymskiej pod nazwą Arrubium. Ruiny murów rzymskich, które częściowo zachowały się do dzisiaj, stanowią lokalną atrakcję. Długą tradycją tego miejsca jest eksploatacja skał granitowych z okolicznych gór Măcin. Niewielka działalność przemysłowa w mieście związana jest przede wszystkim z produkcją tekstylną i odzieżową. Nawet jeśli Măcin i jego okolice mają piękne i cie-

kawe miejsca do zwiedzania, to turystyka jest mocno ograniczona ze względu na komunikacyjną izolację miasta. Codzienne połączenie z Brăilą i Galați odbywa się głównie promem, którego kursowanie uzależnione jest od warunków pogodowych [2]. Najbliższy most na Dunaju znajduje się w miejscowości Giurgeni, 70 km w górę rzeki. Zatem budowany most skróci czas potrzebny na przeprawę przez rzekę z godziny promem lub dwóch objazdem drogowym do 2 minut dla kilkunastu tysięcy pojazdów dziennie. Ponadto nowa inwestycja znacząco wpłynie na integrację obszarów wschodniej Rumunii położonych po obu stronach rzeki. Przywołując opinię znakomitego architekta i projektanta mostów Santiago Calatravy, można mieć nadzieję, że most przyczyni się do stworzenia wokół budowli nowej infrastruktury, a przez to do zmiany i wzbogacenia otoczenia, wpłynie na udostępnienie izolowanych do tej pory terenów. Most Brăila oprócz oczywistego udogodnienia komunikacyjnego stanie się dodatkowo lokalną atrakcją, a tym samym przyczyni się do rozwoju bazy turystycznej rumuńskiej części delty Dunaju.

Inicjatywa budowy mostu w pobliżu Brăili pojawiła się w latach 80. XX w., kiedy wytypowano trzy jego możliwe lokalizacje. W 1996 r. rozpoczęto wstępne badania, a następnie przeprowadzono studium wykonalności, które zakończono w 2003 r. Po kilkudziesięciu latach przerwy powrócono do koncepcji budowy przeprawy w okolicach Brăili i w latach 2015–2016 zaktualizowano wykonane wcześniej studium, a rok później ministerstwo transportu Rumunii zatwierdziło plan i wydało ostateczną decyzję o budowie. Ogłoszony wkrótce potem przetarg na projekt i budowę mostu Brăila wygrała w 2018 r. włosko-japońska spółka joint venture Astaldi-IHI Infrastructure Systems Co., Ltd. Koszt planowanej przeprawy został wyceniony na 485 mln €. Podpisana umowa między Compania Națională de Administrare a Infrastructurii Rutiere (CNAIR, Krajowe Przedsiębiorstwo Zarządzania Infrastrukturą Drogową), reprezentującą rumuńskie ministerstwo transportu, i wykonawcą Astaldi-IHI przewidywała 12 miesięcy na przygotowanie i zatwierdzenie dokumentacji oraz 36 miesięcy na budowę konstrukcji mostu, która objęta będzie 10-letnią gwarancją.

W projekcie uwzględniono budowę dodatkowych dróg w celu połączenia przeprawy z istniejącą siecią drogową, w tym dwóch wiaduktów o długości ok. 90 m każdy, wiaduktu nad linią kolejową Brăila – Galați oraz 21-kilometrowego odcinka nowej drogi w stronę miejscowości Jijila, będącego częścią wspomnianej wcześniej autostrady do Konstancy.

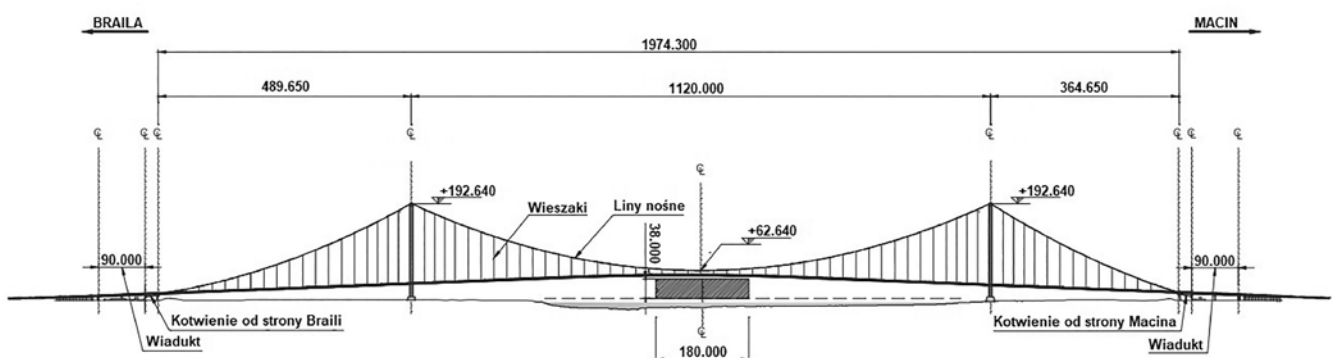
Włoska Grupa Astaldi S.p.A., która w powstałej spółce ma 60% udziałów, działa w Rumunii od ponad 25 lat. Zrealizowała w tym czasie szereg inwestycji, w tym m.in. ponad 100 km linii kolejowych i metra oraz 250 km dróg i autostrad. W Bukareszcie wybudowała

podwieszony most Basarab, przedłużenie czwartej linii metra i stadion narodowy Lia Manoliu. Obecnie jest zaangażowana w budowę nowej, piątej linii metra w Bukareszcie. Astaldi znana jest również bardzo dobrze w Polsce z przeprowadzonych prac na trasie S8, budowie centralnego odcinka II linii metra w Warszawie czy terminalu lotniczego w Krakowie. W 2021 r. z powodu problemów finansowych związanych głównie z przedsięwzięciami w Ameryce Południowej Grupa Astaldi została w całości przejęta przez inną włoską firmę budowlaną – Salini Impregilo S.p.A., wchodząc w skład nowo powstałego koncernu pod nazwą WeBuild.

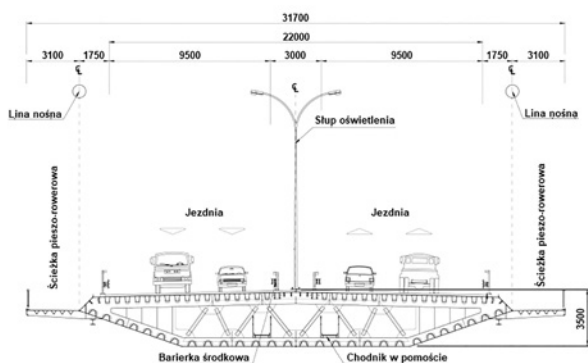
Japoński koncern IHI Infrastructure Systems Co., Ltd. (dawniej Ishikawajima-Harima Heavy Industries), mający 40% udziałów w spółce budowy mostu Brăila, jest światowym liderem w projektowaniu i budowie mostów wiszących. Na swoim koncie ma udział w takich przedsięwzięciach mostowych, jak m.in. I most Bosforski (Turcja, 1973), Akashi Kaikyō (Japonia, 1998), Tataru (Japonia, 1999), Carquinez (USA, Kalifornia, 2003), Tsukiji (Japonia, 2014). IHI i Astaldi współpracowały ze sobą przy budowie mostu Osmana Gazi (2016) w Turcji, obecnie siódmego pod względem długości mostu wiszącego na świecie, a także przy budowie części tureckiej autostrady Gebze – Orhangazi – Izmir. Z tego względu firma IHI stała się naturalnym partnerem w wygranym przez Astaldi przetargu na budowę przeprawy w Rumunii. Większość światowych firm japońskich ma swoje korzenie jeszcze w epoce szogunatu, a dokładniej w schyłkowym okresie panowania ostatniego szoguna Tokugawy Yoshinobu, czyli w połowie XIX w., kiedy rozpoczął się nowy rozdział w historii Japonii zwany okresem Meiji (jap. oświecone rządy). I tak korporacja IHI powstała na polecenie szoguna Tokugawy w 1853 r. do organizacji stoczni Ishikawajima w Edo (współczesne Tokio). W ciągu 160 lat zmieniała nazwy i przyłączała firmy, w 2010 r. przejęła dwie kolejne: Kurimoto Ltd. i Matsuo Bridge Co., specjalizujące się głównie w budowie mostów.

Udział japońskiej firmy w budowie mostu Brăila jest ważny nie tylko dla IHI, ale również dla Japonii, jak przedstawił to japoński ambasador Hiroshi Ueda podczas ceremonii w Brăili z okazji 100. rocznicy nawiązania stosunków dyplomatycznych między Japonią a Rumunią, mówiąc, że most „jest przekonującym przykładem połączenia Japonii z UE, ustanowionego w ramach partnerstwa gospodarczego w 2019 r.” [3]. Obecnie prace przy budowie mostu są bardzo zaawansowane i przebiegają zgodnie z ustalonym w umowie harmonogramem. Po zbudowaniu pylonów i zainstalowaniu głównych kabli nośnych i lin wieszakowych rozpoczęto podwieszanie i montaż sekcji pomostu. Tak więc termin zakończenia budowy przeprawy w 2023 r. wydaje się niezagrożony.

Wiszący most Brăila pod względem wymiarów konstrukcyjnych zbliżony jest do słynnego mostu Golden Gate w San Francisco.



Ryc. 2. Przekrój wzdłużny mostu, na podstawie materiałów IHI

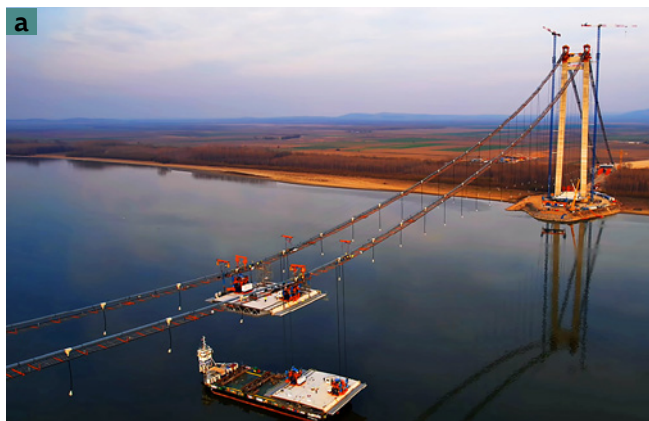


Ryc. 3. Przekrój poprzeczny mostu, na podstawie materiałów IHI

Z tego powodu niektórzy dziennikarze zaczęli już go określać jako Golden Gate Dunaju. Całkowita długość rumuńskiej przeprawy wynosi 1974,30 m (GG 1970 m), czyli jest o ponad 4 m większa od mostu Golden Gate, natomiast przęsło główne ma 1120 m i jest o 60 m krótsze od światowej ikony (GG 1280 m). Przęsła boczne nie są symetryczne jak w przypadku mostu Golden Gate (GG 345 m z każdej strony) i wynoszą odpowiednio 489,65 m po lewej stronie i 364,65 m po prawej stronie rzeki (ryc. 2). Konstrukcja pylonów mostu Brăila o wysokości 192 m jest żelbetowa. W górnej części pylonów zaprojektowano dwie poprzecznice (rozpory). Kształt i konstrukcja pomostu nawiązują do współczesnych rozwiązań mostów wiszących o dużych rozpiętościach. Ustrój nośny stanowi stalowa skrzynka ortotropowa (OSD – *orthotropic steel deck*) o aerodynamicznym profilu, o wysokości 3,5 m (ryc. 3). Dźwigar składa się z 79 segmentów o długości 25 m i wadze 250 t [4]. Prefabrykacja sekcji pomostu odbywa się w pobliskiej stoczni Vard w Brăiili (ryc. 4). Po umieszczeniu na barkach segmenty transportowane są na miejsce montażu (ryc. 5). Przy podnoszeniu sekcji pomostu z barek firma IHI stosuje innowacyjną technologię windowania sekcji OSD. Końcówki linek podciągających z dwóch podnośników (*strand cable lifting jacks*) zamontowanych na każdym z podnoszonych segmentów OSD są umocowane do tymczasowych, przesuwanych uchwytów podwieszonych na linach nośnych. Windowanie segmentów OSD odbywa się razem z podnośnikami. Jest to odmienna metoda podnoszenia pomostu od stosowanego np. przy montażu mostów wiszących Çanakkale 1915 czy Runyang w Chinach przez Dorman Long Technology (DLT), która polegała na podnoszeniu pomostu z barki przez podnośniki umieszczone na suwnicy przesuwanej po głównych linach nośnych. Całkowity ciężar stalowego pomostu wynosi 20,8 tys. t. Eksploatacyjna szerokość mostu to 22 m przy maksymalnej 31,7 m, co umożliwi wytyczenie dwóch pasów ruchu o szerokości 3,50 m w każdą stronę. Są one rozdzielone pasem służącym do poprowadzenia oświetlenia. Po obu stronach



Ryc. 4. Prefabrykacja sekcji pomostu w stoczni Vard w Brăiili, YouTube, zdjęcie z drona, autor Raducu P. Drum



Ryc. 5a, 5b. Transport i montaż sekcji pomostu, YouTube, zdjęcie z drona, autor Raducu P. Drum

pomostu przewidziano podparte na zamontowanych wspornikach ścieżki dla pieszych i rowerzystów o szerokości 2,8 m. Dwie liny nośne o średnicy 0,6 m i całkowitej ciężarze 6775 t składają się z 18 tys. stalowych drutów o długości 38 tys. km. Podstawowym elementem lin nośnych jest pojedynczy drut stalowy o średnicy 5,38 mm i wytrzymałości na rozciąganie 1860 MPa [5] (ryc. 6). Przeświet żeglugowy między dolną krawędzią dźwigara mostu a lustrem wody przy maksymalnym przewidywanym poziomie wody wynosi 38 m na szerokości 180 m rzeki. Przewidywany okres użytkowania mostu ma wynieść 100 lat.

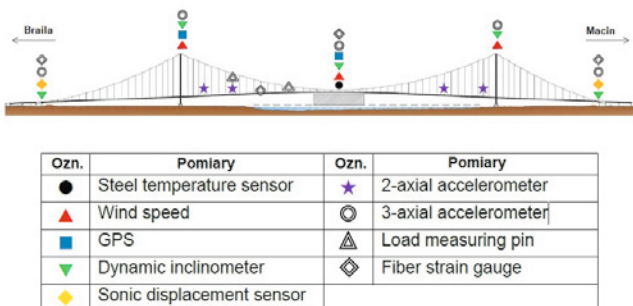
Prof. Wojciech Radomski w artykule *Utrzymanie i diagnostyka mostów w aspekcie działalności rzeczoznawcy budowlanego* dowodzi, że „stan techniczny i funkcjonalny obiektów mostowych w bardzo dużym, często decydującym stopniu zależy od poziomu ich utrzymania” i wyróżnia cztery zasadnicze czynniki powodujące degradację obiektów mostowych. Wynikają one z cech konstrukcji, obciążenia ruchem, klimatu i środowiska oraz z poziomu utrzymania. Podkreśla również, że czynnik zależny od działalności



Ryc. 6. Kotwienie lin nośnych od strony Brăiili, YouTube, zdjęcie z drona, autor Raducu P. Drum

człowieka ma decydujący wpływ na stan techniczny i funkcjonalny obiektu mostowego, i to już na etapie jego projektowania [8].

W kontekście opinii prof. Radomskiego warto zapoznać się z proponowanym programem kontroli i konserwacji, jaki dla mostu Brăila przewidzieli projektanci. Według ich założeń most będzie wyposażony w inteligentny system transportowy (ITS), który zapewni kontrolę ruchu i będzie zintegrowany z krajowym centrum kontroli ruchu. ITS będzie zaopatrzony w programy, które zapewnią monitorowanie i zarządzanie siecią drogową. Składać się on będzie z kilku urządzeń do monitorowania, nadzoru meteorologicznego i ruchu drogowego, takich jak CCTV, automatyczne wykrywanie wypadków, ocena natężenia ruchu czy warunków pogodowych. Niezależnie od ITS obiekt będzie wyposażony w system monitorowania stanu konstrukcji (SHMS), który dostarczy właścicielowi i operatorowi ważnych informacji dotyczących zachowania się konstrukcji i jej bezpieczeństwa, pomagając jednocześnie w planowaniu eksploatacji i konserwacji. W szczególności monitorowane będą przemieszczenia na końcach pomostów za pomocą ultradźwiękowych czujników przemieszczenia. Ponadto czujniki GPS oraz statyczne i dynamiczne inklinometry zostaną zainstalowane na samym pomoście oraz na szczycie pylonów do monitorowania odchyłań konstrukcji. SHMS stanowić będzie również cenne narzędzie do badania i rozwiązywania problemów w sytuacjach ekstremalnych, takich jak np. drgania mostu wywołane wiatrem. System ten zostanie opracowany i zainstalowany przez specjalizującą się w tym zakresie włoską firmę RINA (ryc. 7).



Ryc. 7. Wstępny plan rozmieszczenia urządzeń i sensorów kontrolno-pomiarowych SHMS, na podstawie materiałów firm IHI oraz RINA

W zakresie obsługi mostu projektanci przygotowują program przeglądów i konserwacji, który obejmuje cztery rodzaje działań: 1) rutynowe przeglądy i konserwacje, zazwyczaj przeprowadzane z częstotliwością tygodniową, miesięczną, półroczną lub raz w roku. Rodzaj aktywności to wizualna inspekcja i doraźna konserwacja; 2) kontrola zasadnicza, obejmująca dokładniejszą kontrolę wizualną w celu oceny aktualnego stanu konstrukcji, przeglądu zaistniałych uszkodzeń oraz oceny i planowania napraw. Podstawowe inspekcje są zwykle przeprowadzane w stałych odstępach czasu (od 5 do 10 lat); 3) cykliczne pomiary, punkty pomiarowe na moście i związane z nimi oznaczenia wraz z etykietami zostaną zamontowane w ramach pierwszego, referencyjnego pomiaru. Podstawą do wykonywania pomiarów jest dokumentacja przeglądów i konserwacji, zawierająca instrukcję wykonywania pomiarów; 4) generalna naprawa i wymiana elementów konstrukcyjnych, systemów monitorowanych i ewaluowanych oraz powiązanych elementów konstrukcyjnych. Zakresy i terminy ewentualnych poważnych napraw mają być opracowywane i aktualizowane na podstawie wyników okresowych

raportów SHMS i głównych przeglądów oraz mają podlegać stałej aktualizacji w okresie eksploatacji mostu.

Dla przeprowadzenia właściwych inspekcji i konserwacji w sposób łatwy i bezpieczny most będzie wyposażony w platformy stałe i tymczasowe. Kabel główny i wieszaki będą dostępne za pomocą kładki na kablu głównym i specjalnie zaprojektowanego wózka z małym koszem, który opuszcza się i podnosi wzdłuż lin wieszaków. Pylony zostaną wyposażone w windy i schody z platformami. Wewnątrz pomostu na całej jego długości powstaną dwa chodniki wraz z zainstalowanym oświetleniem. Dla zachowania maksimum bezpieczeństwa wszystkie otwory na moście, takie jak włazy, będą sterowane elektrycznie, a stan otwarcia będzie monitorowany w centrum sterowania przez ITS. Dostęp do spodniej części pomostu będzie możliwy za pomocą samobieżnych suwnic podwieszonych pod konstrukcją [9, 10].

Projektanci mostu z firmy IHI, proponując wymagający program kontroli i konserwacji, podkreślają, że most wiszący Brăila jest unikatową konstrukcją w Rumunii, a nawet w skali światowej i dla takich budowli w zakresie kontroli i konserwacji nie mają zastosowania istniejące przepisy. Ponadto inżynierowie mają świadomość, że budowany most będzie pierwszą nowoczesną przeprawą na Dunaju i może stać się jednym ze standardowych rozwiązań w kolejnych potencjalnych lokalizacjach. Dlatego zaprojektowanie optymalnego programu kontroli i konserwacji w okresie eksploatacji stało się integralną częścią projektu.

## Literatura

- [1] Memorandum prezentacyjne mostu wiszącego nad Dunajem w rejonie Brăila. CNAIR. București 2018.
- [2] Beciu S., Arghiroiu A.G.: *Will the New Bridge over Danube Create a Tourism Sustainable Hub in the Urban Area of Brăila-Galați-Măcin?*. Basiq International Conference, Conference Proceedings *New Trends in Sustainable Business and Consumption*, 30 May – 1 June 2019, Bari, Italy, 2019, pp. 226–234.
- [3] McGrath S., Dumitrache N.: *Romania, Japan Herald Century of Diplomacy at Bridge Site* (online). Associated Press, Aug. 26, 2021. Dostępny w Internecie: <https://www.usnews.com/news/business/articles/2021-08-26/romania-japan-herald-century-of-diplomacy-at-bridge-site> (dostęp 4 maja 2022).
- [4] Shima T., Kudo M., Inoue M., Yanagihara M.: *New Roadway Project Including a Suspension Bridge Over the Danube in Romania*. In: *Proceedings of the 26<sup>th</sup> World Road Congress. Abu Dhabi 2019: Connecting Cultures – Enabling Economies*.
- [5] *Main cable construction for the suspension bridge over the Danube in Brăila, Romania*. Long-Span Bridge Newsletter, nr 87, February 2022. Dostępny w Internecie: [https://www.jb-honshi.co.jp/english/corp\\_index/technology/lbec/information\\_center/newsletter.html](https://www.jb-honshi.co.jp/english/corp_index/technology/lbec/information_center/newsletter.html) (dostęp 28 kwietnia 2022).
- [6] Dąbrowiecki K.: *Santiago Calatrava – poeta szkła i stali*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2009, nr 3, s. 40–43.
- [7] Dąbrowiecki K.: *Ewolucja usztywnienia nowoczesnych mostów wiszących*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2021, nr 1, s. 74–80.
- [8] Radomski W.: *Utrzymanie i diagnostyka mostów w aspekcie działalności rzeczoznawcy budowlanego*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2016, nr 5, s. 94–99.
- [9] Materiały japońskiego koncernu IHI.
- [10] Materiały włoskiego koncernu WeBuild (dawnej Astaldi).
- [11] Materiały włoskiej firmy RINA.



Czytaj więcej