



ANDRZEJ NIEMIERKO

Institut Badawczy
Dróg i Mostów
aniemierko@ibdim.edu.pl

Mosty południowej Norwegii

Ze względu na rozwiniętą linię brzegową, liczne fiordy i zatoki oraz tysiące wysp, a także górzyste ukształtowanie terenu, Norwegia jest niezwykle bogata w obiekty mostowe. Kiedyś połączenia zapewniały promy,

dziś są one coraz częściej zastępowane mostami, głównie wiszącymi lub podwieszonymi [5]. Niezwykłą atrakcją stanowią największe w świecie mosty pływające, jak Bergsøysund czy Nordhordland, który na dodatek jest połączony bezpośrednio z mostem podwieszonym. Sławę i nagrody światowe zdobyły kładki dla pieszych koło Oslo: drewniana w Ås nad drogą E18 – wzorowana na projekcie Leonarda da Vinci oraz inna stalowa nad fiordem w Drammen o kształcie litery Y w planie – podwieszona do rozdwojonego pylonu.

Jeszcze na przełomie lat 70. i 80. mosty norweskie niczym się nie wyróżniały. Skok technologiczny nastąpił w końcu lat 80., głównie po zbudowaniu Drogi Atlantyckiej – uchodzącej za jedną z największych atrakcji turystycznych regionu. Na początku lat 90. za sprawą firm budujących platformy wiertnicze na Morzu Północnym oraz po przyznaniu Norwegii organizacji Zimowych Igrzysk Olimpijskich w Lillehammer (1994 r.), rozpoczęto budować mosty wykorzystując najnowsze techniki i technologie światowe. Wprowadzono do budownictwa mostowego betony wysokiej wytrzymałości, nowoczesne techniki sprężania i systemy podwieszenia. Obecnie uważa się, że mosty wraz z tunelami stały się niejako norweską specjalnością. Chyba nie ma w tym przesady, jeżeli – jak obliczono – jeden most przypada na 200 mieszkańców.

Wyzwaniem dla budowniczych mostów w Norwegii są wymagające, surowe warunki klimatyczne. Budowa mostów w niskiej temperaturze to domena firm norweskich zbierających doświadczenia przez dziesięciolecia. Inną trudnością jest pokonywanie akwenów o wyjątkowo dużej głębokości, wynikającej z działalności lodowców. Kilkusmetrowe głębokości fiordów i cieśnin przy szerokości nie przekraczającej 1 km uniemożliwiają bowiem budowę podpór. Przy planowaniu podpór należy też uwzględnić konieczność zapewnienia swobodnej żeglugi pod obiektami. Stąd większość mostów to mosty wiszące lub podwieszane z pomostami położonymi niekiedy i 60 m nad lustrem wody.

Norweska Administracja Drogowa od lat dąży do połączenia większości wysp z lądem stałym. Najczęściej poprzez budowę mostów, ale wiele jest połączonych tunelami podwodnymi. I dotyczy to nawet tych zamieszkałych przez niewielką liczbę osób. Służy to jednak rozwojowi kraju i rozwojowi turystyki. Przykładem może być program Krifast (1989-1992), w ramach którego połączono Kristiansund oraz wyspy Frei, Bergsøya i Aspøya z lądem stałym. Koszt programu to 1 mld norweskich koron. Ze względu na małe zaludnienie (11% tego, co w Polsce, przy zbliżonej powierzchni kraju) budowane są najczęściej pomosty z dwoma tylko pasami ruchu.

Przez wiele lat największą rozpiętością przeszła szczytł się most Askøy z 1992 r. Rozpiętość przeszła tego mostu wiszącego w pobliżu Bergen wynosi 850 m. W 2013 r. została jednak pobita przez przeszło zbudowanego także koło Bergen mostu wiszącego Hardanger mierzące 1310 m czyli będące o 30 m dłuższe od przeszła słynnego Golden Gate Bridge w San Francisco.

Prezentacja mostów południowo-zachodniej Norwegii to owoc XIV Wyprawy Mostowej Oddziału Warszawskiego Związku Mostowców RP z 2012 r. Chociaż od tamtego czasu minęły 4 lata, to jednak wydaje się, że przegląd może być pouczający i ciekawy, gdyż w Polsce osiągnięcia Norwegów, poza jedną pozycją [1], są raczej mało znane.

Norwegia jest niesłychanie atrakcyjnym krajem pod względem turystycznym. Jedyne co może „odstraszać” to wysoki poziom cen (zwłaszcza trunków wysokobrowynych). Rzadkie zaludnienie sprawia, że na drogach nie spotyka się wiele pojazdów a tiry są unikatami. Nie ma też ekranów akustycznych a bariery w górskich serpentynach utworzono z rzadka rozmieszczonych brył skalnych. Kultura jazdy jest na najwyższym poziomie. Jadąc naszym 19-osobowym busikiem nie spotkaliśmy żadnej kolizji, mimo wąskich dróg. Podczas wyprawy prócz lustrowania mostów mieliśmy takie atrakcje jak przepłynięcie najsłynniejszymi fiordami, Sognefjordem – najdłuższym, Geirangerem – z licznymi wodospadami i Naerofjordem – największym, wizytę na lodowcu, przejazd licznymi serpentynami górską Drogą Trolli, podróż ekscytującymi starymi trasami kolejowymi do Myrdal i Voss, przejazd słynną w świecie Drogą Atlantycką łączącą dziesiątki wysepek, wizyty w muzeach Oslo (statki Wikingów, polarniczy Fram, trawta Kontiki), zwiedzanie XIV-wiecznej katedry w Trondheim – pierwszej stolicy Norwegii. Zwiedzaliśmy też skocznie narciarskie w Holmenkollen i Lillehammer. Ponadto Bergen, gdzie o dziwo mieliśmy piękną słoneczną pogodę (statystycznie leje przez 60% dni w roku)...

Mosty najstarsze

Most Åmodt (Åmodt bro) położony obecnie w Grünerløkka nad rzeką Akerselva w Oslo służy jako kładka dla pieszych (fot. 1). Jego rozpiętość wynosi 54,1 m. Zbudowano go w latach 1851-1855. Pierwotnie przekraczał rzekę Drammen w Buskerud. Autorem mostu był porucznik wojsk inżynierskich Chr. V. Bergh, późniejszy pierwszy dyrektor Zarządu Dróg Publicznych w Norwegii. Był drugim norweskim łańcuchowym mostem wiszącym wykonanym ze stali zlewnej i jednym z pierwszych tego typu w Europie. Potem zastąpiono go innym mostem, a ten pierwotny w 1952 r. przeniesiono do parku w Oslo. Planowano wówczas w tym miejscu urządzić muzeum techniki, ale przeniesiono je gdzie indziej i most pozostał. W latach 1962 i 1994 był poddawany zabiegom

konserwacyjnym. Na moście znajduje się ostrzegający napis w języku norweskim: „Mogę udźwignąć 100 osób, ale zawalę się podczas ich rytmicznego przemarszu”.



Fot. 1. Jeden z najstarszych – łańcuchowy most wiszący w parku w Oslo

Most Starego Miasta (*Gamle Bybro*) przekracza rzekę Nidelva w Trondheim w ciągu ul. Kjøpmannsgata (fot. 2). Zaprojektował go w 1681 r., bezpośrednio po wielkim pożarze miasta, Johan Caspar von Cicignon. Przedstawił nie tylko projekt mostu, ale i rekonstrukcji miasta oraz jego fortyfikacji (m.in. fortecy Kristiansten). Lokalizacja mostu miała znaczenie strategiczno-wojskowe.



Fot. 2. Oryginalne portale mostu Starego Miasta w Trondheim

Budowę mostu sfinansował król duński Christian V. Budowę zakończono w 1685 r. Most zbudowano w sąsiedztwie mostu Elgeseter, który wkrótce potem uległ zniszczeniu i zawalił się. Przez wieki most przechodził wiele zmian. Pierwotnie zbudowano go z drewna jako dwuprzęsłowy. Na podporze środkowej umieszczono żeliwny portal, jako bramę strzegącą wjazdu do miasta. Stała tam do 1816 r. Na każdym z obu końców mostu znajdowała się komora celna oraz strażnica. Ta z zachodniego końca stoi do dziś, a ze wschodniego została zniszczona w 1824 r. Most poddano rekonstrukcji w 1861 r. Autorem projektu był Carl Adolf Dahl (1828-

1907). Obecnie światło żeglugi pod mostem ma 7,6 m wysokości i 8,5 m szerokości. Na jezdni 5,5 m szerokości mogą poruszać się pojazdy o nacisku osi nie przekraczającym 10 kN. Most znany jest także pod nazwą Bramy Szczęścia (*Lykkens portal*). A to za sprawą tekstu popularnego walcu o rzecze Nidelva, skomponowanego przez norweskiego kompozytora Oskara Hoddø (1916-1943). Był on członkiem ruchu oporu przeciw hitlerowskiej okupacji Norwegii. Stracony 17 listopada 1943 r.

Mosty pływające

Most Bergsøysund (*Bergsøysundbrua*) jest mostem pontonowym przekraczającym cieśninę między wyspami Aspøya i Bergsøya (fot. 3). Rozwiązanie to przyjęto z powodu 320 m głębokości cieśniny. Most ma 933 m długości, a najdłuższe przęsło 105 m. Był pierwszym w świecie mostem tego rodzaju, w którym podpory pośrednie (7) to żelbetowe skrzynie pływające, a jedynymi podporami stałymi były przyczółki kotwione w skale. W skrzyniach przyczółków usytuowano przegubowe połączenia konstrukcji mostu, której ruchy ze względu na różnice poziomu wody wahają się w granicach $\pm 1,5$ m. Obiekt jest stale monitorowany. Podpory pośrednie mają wymiary $34 \times 17 \times 5,5$ m. Ich dno znajduje się na głębokości około 5 m poniżej poziomu wody. Składają się z 9 oddzielnych komór. Skład betonu skrzyń oparto na kruszywie lekkim. Most w sumie ma 13 przęseł, ale tylko 8 o rurowej konstrukcji kratowej wysokości 7 m i szerokości 11,4 m. Został otwarty w 1992 r. w ramach program Krifast, który dał połączenie drogowe Kristiansundu z kontynentem. Most kosztował 277,4 mln NOK. Do programu Krifast zaliczają się także inne znaczące osiągnięcia inżynierskie jak tunel podmorski Freifjord oraz most wiszący Gjemnessund.



Fot. 3. Pierwszy i największy w świecie most pływający między wyspami Aspøya i Bergsøya

Most Nordhordland, w części podwieszony do jednego pylonu, w części pływający, największy most tego typu w świecie (fot. 4). Most przekracza fiord Salhus. Jest drugim mostem pływającym w Norwegii. Oddano go do ruchu w 1994 r. Autorem konstrukcji było biuro projektowe Aas-Jakobsen. Na 1615 m długość mostu składają się: most podwieszony długości 369 m oraz 1246 m most pływający. Część pływająca to zakrzywiona w planie skrzynka stalowa oparta

na 10 betonowych pontonach. Podpory te, ze względu na głębokość fiordu nie są zakotwiczone. Połączenie z przyczółkami zapewniają przęsła najazdowe z płytami ze stali kutej. Przejście z mostu podwieszono na poziomym mostu pontonowego (z 32 m na 11 m nad poziomem wody) zapewnia 350 m długości rampa o pochyleniu 5,7%. Dźwigar skrzynkowy mostu pływającego jest zakrzywiony w planie promieniem 1700 m. Rozstaw pontonów wynosi 113 m. Działają one jak podpory sprężyste, a dźwigar jest ciągły bezprzegubowy. Różnice poziomu wody wywołane pływami są kompensowane przez sprężyste odkształcenia dźwigara. Ośmiokątny stąły na długości przekrój dźwigara ma 5,5 m wysokości i 13 m szerokości. Światło pionowe pod konstrukcją wynosi 5,5 m i pozwala na przepłynięcie pod nią niewielkich jednostek. Grubość blach waha się od 14 do 20 mm. Żebra usztywniające mają kształt korytkowy. Poprzecznice rozmieszczono co 4,5 m. Na podporach zamiast ram usztywniających dano pełne przegrody o grubości ścianki do 50 mm. Dźwigar budowano z sekcji długości od 35 m do 42 m. Były one ze sobą spawane z nadaniem odpowiedniego ukosu. W strefach największych wyteżeń dano stal 540 MPa, a w pozostałych 355 MPa. Ogółem zużyto 12 500 t stali (3 000 t stali wysokiej wytrzymałości). Pomost rampy między mostem pływającym a mostem podwieszonym – ortotropowy oparty na dwóch belkach skrzynkowych 1200 mm wysokości.



Fot. 4. Jedyńy w swoim rodzaju most pływający Nordhordland, z którego wjeżdża się bezpośrednio na most podwieszony

Most podwieszony z przęsłem 172 m rozpiętości ma pomost wykonany z betonu lekkiego wysokiej wytrzymałości. Żelbetowy pylon w kształcie litery H ma wysokość 99 m. Długość mostu wynosi 369 m. 48 kabli dostarczała firma Stahltton AB – ta sama, która dostarczała liny do mostu Świętokrzyskiego w Warszawie. Podporę łączącą obie części mostu posadowiono na 30 m głębokości. Od 2005 r. przejazd mostem jest bezpłatny.

Mosty wiszące

Most Alversund (fot. 5) z 1958 r. to most wiszący przekraczający Alverstraumen, wąską cieśninę między wyspą Radøy

i Alversund na stałym lądzie. Jest to najstarszy płatny most w Norwegii. Rozpiętość przęsła środkowego wynosi 198 m a maksymalne światło pionowe między pomostem a lustrem wody wynosi 27 m. Z opłat pobieranych za przekroczenie mostu sfinansowano częściowo budowę mostu Nordhordland, oddanego do użytku w 1994 r.



Fot. 5. Tradycyjne zakotwienie lin mostu wiszącego Alversund

Most Sotra (fot. 6) był w 1971 r. rekordowym norweskim mostem wiszącym. Przekracza cieśninę Knarreviksundet między Knarrevik w Fjell oraz Drotningvik na lądzie stałym w Bergen. Sotra to archipelag małych wysp. Most ma 1 236 m długości, a główne przęsło rozpiętość 468 m. Pylony wykonano jako żelbetowe. Światło od spodu pomostu do lustra wody wynosi 50 m. Most kosztował 40 mln NOK, ale już do 1983 r. z opłat za przejazd zebrano 23,5 mln NOK. Ruch na moście jest wstrzymywany, jeżeli prędkość wiatru przekracza 30 m/s.



Fot. 6. Rekordowy w 1971 r. most wiszący Sotra z kratowym pomostem

Most Hagelsund z 1982 r. jest mostem wiszącym (fot. 7) łączącym wyspę Flatøy z Knarvik. Długość mostu wynosi 623 m, a główne przęsło o konstrukcji kratowej ma rozpiętość 250 m. Wznosi się ono 50 m nad lustrem wody. Na pomoście szerokości 9,9 m znajdują się 2 pasy ruchu w obu kierunkach oraz chodnik i ścieżka rowerowa.



Fot. 7. Most wiszący Hagelsund z typowym norweskim olinowaniem

Most Gjemnessund (*Gjemnessundbrua*) jest mostem wiszącym (fot. 8) między wyspą Bergsøya a stałym lądem w Gjemnes. Most ma pylony wysokości 108 m, posadzone na głębokości około 20 m i przęsło 623 m rozpiętości. Długość całego mostu składającego się z 21 przęseł wynosi 1257 m. Na pomoście znajduje się 7 m jezdni i chodnik 2,5 m szerokości. Światło żeglugi pod mostem wynosi 200 × 43 m. Wówczas był największym mostem wiszącym w Norwegii i pierwszym z pomostem w postaci aerodynamicznej skrzynki stalowej. Jej przekrój to 2,5 × 13,2 m. Kable i powierzchnie zewnętrzne skrzynki są zabezpieczone powłoką cynkową i malarską, natomiast wewnątrz skrzynki jest niemalowane. Zabezpiecza je specjalny system usuwający wilgoć. Przęsła dojazdowe rozpiętości 33 m mają konstrukcję składającą się z dwóch dwuteowych dźwigarów z betonu sprężonego. Półki dolne dźwigarów silnie korodowały w związku z siadaniem na nich morskich ptaków. Zawarte w ich odchodach sól i amoniak działały szkodliwie na beton. Części newralgiczne oczyszczono i pokryto specjalną powłoką.



Fot. 8. Most Gjemnessund w 1992 r. był największym mostem Norwegii

Most Osterøy, most wiszący z 1997 r., długości 1 065 m z przęsłem środkowym rozpiętości 595 m (fot. 9). Łączy Kvisti na wyspie Osterøy (øy – znaczy po norwesku „wyspa”) z lądem stałym w Herland na wschód od Bergen. Pylony żel-

betowe mają wysokość 121,5 m a pomost wykonano w postaci skrzynki stalowej o aerodynamicznym kształcie. Most kosztował 308 mln NOK. Projektowała go znana norweska firma konstrukcyjna Aas-Jakobsen, uwzględniając silne w tej okolicy wiatry huraganowe i sztormy. Obliczenia wykazały jednak, że największe drgania występują przy wietrze wiejącym z prędkością 10 m/s, czyli przy lekkiej bryzie.



Fot. 9. Most Osterøy z 1997 r. był wówczas trzecim pod względem rozpiętości

Most Askøy (fot. 10), most wiszący z 1992 r. z przęsłem 850 m – największym w Norwegii do 2013 r. Przekracza Byfjorden między Bergen a Askøy. Długość mostu wynosi 1 057 m. Na szerokości pomostu znajdują się 2 pasy ruchu szerokości po 4,36 m oraz chodnik i ścieżka rowerowa. Wysokość betonowych pylonów wynosi 152 m. Światło żeglugi pod mostem to 200 m × 62 m. Budowany przez 3 lata. Most ma w sumie 7 przęseł, z których wszystkie, z wyjątkiem stalowego przęsła głównego, są betonowe. Przedtem połączenie zapewniał prom. Do 2006 r. przejazd przez most był płatny. Pylony mają stałą grubość 4,5 m, a ich szerokość zmienia się od 21 m u podstawy do 13,75 m w wierzchołku. Nogi pylonu łączą 3 rygły – jeden pod pomostem, a pozostałe na wysokości 102 m i przy wierzchołku. Pomost stalowy o przekroju za-



Fot. 10. Na pomoście mostu Askøy z 1992 r. wówczas największego pod względem rozpiętości (850 m)

mkniętym położony jest w łuku pionowym 9 000 m. Wysokość przekroju wynosi 3,0 m przy szerokości 15,5 m. Przewidziano możliwość poszerzenia pomostu do 3 pasów ruchu. Kable nośne składają się z 20 lin, każda o średnicy 99 mm. Linę tworzy 289 drutów o nośności 9,0 MN i masie 71 t. Liny kotwione są w skale 35 m poniżej poziomu stóp fundamentowych. Stosunek zwisu liny do rozpiętości wynosi 1:10.

Most Hardanger (*Hardangerbrua*) szczyli się tym, że jego rozpiętość jest o 30 m większa od rozpiętości słynnego Golden Gate Bridge. Jest oczywiście największym mostem w Norwegii. Łączy Ullensvang z Ulvik nad Hardangerfjord, którego głębokość w tym miejscu osiąga 500 m przy szerokości około 1300 m. Dlatego przeszkodę należało przekroczyć jednym przęsłem z pylonami na obu stromych brzegach fiordu. Sytuacja terenowa spowodowała też, że na most wjeżdża się z tunelu, a po przejechaniu mostu wjeżdża do kolejnego. Ciekawostką jest, że w tunelu jest rondo, z którego można wybrać inny kierunek jazdy. Jest to najdłuższa w świecie tego typu przeprawa tunelowo-mostowa. Most zastąpił połączenie promowe, którym przeprawialiśmy się w 2012 r. (fot. 11). Skracza podróż z Oslo do Bergen. Budowa mostu trwała od 2009 r. do 2013 r. Długość mostu wynosi 1380 m, a rozpiętość przęsła 1310 m. Światło żeglugi pod mostem wynosi 55 m, a pylony wznoszą się na wysokość 200 m nad poziom wody. Na pomoście znajdują się dwa pasy ruchu oraz ścieżka pieszo-rowerowa. Ze względu na małe zaludnienie okolicy, prognozowany ruch to 2000 pojazdów dziennie. Z tego względu projekt wzbudzał przez lata kontrowersje w parlamencie. Przejazd jest płatny i ma sfinansować w 62% koszt budowy (około 200 mln euro).



Fot. 11. Największy obecnie norweski most wiszący w czasie budowy (2012 r.)

Mosty betonowe

Most Mjøsa (*Mjøsa*) położony około 100 km na północ od Oslo, w ciągu drogi E6, jest obiektem belkowym 21-przęsłowym o przekroju skrzynkowym z betonu sprężonego (fot. 12). Przekracza jezioro o tej samej nazwie między Moelv a Biri. Zbudowano go w 1985 r. Most ma 1421 m długości, a najdłuższe przęsło liczy 69 m. Światło pionowe pod mostem wynosi 15 m. Na moście znajdują się dwa pasy ruchu, jeden w każdym z kierunków. Projektantem mostu było zna-

ne norweskie biuro Aas-Jakobsen. W planach jest budowa nowego mostu z 2 lub 4 pasami ruchu. Jezioro Mjøsa jest największym jeziorem norweskim (117 km długości i o powierzchni 365 km²), a także jednym z najgłębszych (468 m).



Fot. 12. Most Mjøsa z betonu sprężonego przez największe w Norwegii jezioro

Most Puddefjord jest mostem łukowym betonowym (fot. 13), położonym w centrum Bergen. Zapewnia komunikację pieszo-rowerową i drogową między Møhlenpris a Gyldenpris w gminie Årstad. Rozpiętość środkowego przęsła wynosi 150 m, a długość całego mostu 461 m. Pierwotny most zbudowano w 1956 r. a potem w 1999 r. był poszerzany do 6 pasów ruchu przez dodanie prawie identycznej konstrukcji. W 2008 r. mostem przejeżdżało dziennie ponad 53 tys. pojazdów. Budowa mostu przyczyniła się do rozwoju doliny Fyllingsdalen, która została dołączona do Bergen w 1955 r.



Fot. 13. Podwójny żelbetowy most łukowy Puddefjord w Bergen

Most Omsund położony w Kristiansund na drodze 70 to właściwie dwa mosty: stary łukowy stalowy z jazdą dołem i nowy belkowy z betonu sprężonego (fot. 14). Mosty przekraczają Omsundet między wyspami Frei i Nordlandet.

Stary most pochodzi z 1940 r. i był w użyciu do 1981 r. Ma 200 m długości. W kwietniu 1940 r. niemieckie bombowce próbowały zniszczyć most, ale spowodowały tylko pożar pobliskiego lasu i śmierć młodzieńca na rowerze. W maju most odegrał ważną rolę ułatwiając ewakuację z płonącego Kri-

stiansund. Ciekawostką jest, że most przez dziesiątki lat nie był oficjalnie otwarty do ruchu, przede wszystkim ze względu na wojnę. Dopiero w 2005 r., 65 lat później i w 24 lata po otwarciu nowego mostu, odbyła się „oficjalna” ceremonia otwarcia starego mostu. Most jest obecnie pod ochroną i traktowany jako świadek norweskiego budownictwa mostowego lat 30. Nowy most betonowy 292 m długości, budowany metodą wspornikową, prowadzi dwa pasy ruchu i ścieżkę pieszo-rowerową. W 1992 r. w czasie noworocznego sztormu w most uderzył duży statek - krewetkowiec. W planie jest budowa obok trzeciego mostu długości 600 m jako połączenia autostradowego z Kristiansund.



Fot. 14. Dwa mosty Omsund – nowy z betonu sprężonego z 1981 r. a obok stary kratowy z 1940 r.

Most Drammen (*Drammensbrua*) (fot. 15 i 16) przekraczający rzekę Drammenselva ma konstrukcję belkową o betonowym przekroju skrzynkowym. Położony jest w ciągu drogi E18. Jest najdłuższym mostem w Norwegii liczącym 1892 m. Składa się z 42 przęseł, z których najdłuższe ma 60 m rozpiętości. Światło żeglugi pod mostem wynosi 11 m. Most z dwoma pasami ruchu otwarto w 1975 r. W 2005 r. ukończono budowę mostu równoległego, też z dwoma pasami ruchu, w odległości 0,5 m od starego. Przekrój skrzynkowy z betonu sprężonego, wysokości zaledwie 2,0 m ($h/l = 0,03$) ma pochylone środniki.

Nowy most [2] oparto na smukłych okrągłych w przekroju podporach o średnicy 2,0 m, podczas gdy stary miał podpory o przekroju prostokątnym. Postanowiono zastąpić je takimi jak w nowym moście. Spektakularną wymianę podpór



Fot. 15. Przekrój poszerzonego mostu Drammen [2]



Fot. 16. Most Drammen – najdłuższy w Norwegii

zakończono w grudniu 2006 r. W ramach rozbudowy przeprawy poprawiono też estetykę obiektu zamykając obie konstrukcje niosące od spodu aluminiowym przekryciem łupinowym (fot. 15). Przekrycie to miało postać płyt sandwichowych ze stalową siatką usztywniającą aluminiowe płyty zewnętrzne. Przekrycie zamontowano na długości 1 700 m. W ten sposób obecnie nie widać, że są to dwie odrębne konstrukcje. W nowym moście zminimalizowano liczbę przerw dylatacyjnych, dając je tylko dwie, o możliwości przemieszczeń 1,1 m i 1,2 m. W starym moście przerwy dylatacyjne znajdowały się co 250 m. Wymieniono także łożyska. Most jest oświetlony od spodu. Koszt przekrycia i wymiany podpór starego mostu wyniósł 150 mln NOK. Projektantem nowego mostu i przebudowy starego była firma Aas-Jakobsen AS. Ciekawostką jest zastosowanie instalacji artystycznej Gunnara H. Gundersena, która służy do ciągłej rejestracji ruchów tego uciążliwego mostu. Rejestracja ta dokonywana jest diamentowym rysikiem na zawieszonym kole kamiennym (fot. 17).



Fot. 17. Instalacja artystyczno-techniczna mostu Drammen służąca rejestracji przemieszczeń termicznych konstrukcji

Most Sandesund (*Sandesundbrua*) położony nad rzeką Glomma, najdłuższą w Norwegii (ok. 600 km). Most znajduje się około 90 km na południowy-wschód od Oslo. Przebiega nim ważna droga E6 Oslo-Göteborg.



Fot. 18. Most Sandesund nad najdłuższą rzeką w Norwegii

Most z betonu sprężonego o przekroju skrzynkowym (fot. 18), 48-przęsłowy, długości 1 528 m zbudowano w 2008 r. obok mostu istniejącego z 1978 r. Przęsła najdłuższe budowano metodą wspornikową. Most był sprężany podłużnie kablami BBV L12 a poprzecznie kablami płaskimi BBV L13. Najdłuższe przęsło liczy 139 m. Podpory nowego mostu posadowiono na prefabrykowanych palach wbijanych oraz palach z rur stalowych do głębokości 28 m. Pale oparto na skałe. Dwie podpory najbardziej obciążone posadowiono na 4 palach dużych średnic 1,8 m zagłębionych na 5 m w skałę. Po otwarciu nowego mostu, stary 30-letni most poddano rekonstrukcji i wzmocnieniu kablami wewnętrznymi BBV L9, zewnętrznymi BBV ENR16 oraz prętami Macalloya ze stali nierdzewnej S650. Wprowadzono także uciążlenie przęseł przez likwidację przegubów w pomoście. Most wznosi się 30 m nad lustrem wody. Obecnie zapewnia przejazd 4 pasami ruchu.

Most Elgeseter (*Elgeseter bru*) w Trondheim nad rzeką Nidelva (fot. 19) stanowi główny wjazd do miasta. Pierwsze wzmianki o moście w tym miejscu pochodzą z 1178 r. Był to most drewniany, kilkakrotnie niszczone i palony. W 1863 r. powstał tam drewniany most kolejowy, zamieniony w 1885 r. na drogowy. Obecny most z lat 1949-1951 niesie 4 pasy ruchu drogi europejskiej E6. Jest mostem żelbetowym o konstrukcji płytowo-belkowej w układzie ciągłym długości 220 m. Urządzenie dylatacyjne na północnym końcu mostu miało umożliwiać 200 mm przesuw. W przekroju poprzecznym są 4 belki, każda oparta na jednym słupie. Dolne części słupów rzecznych do wysokości 0,5 m ponad poziom najwyższej wody zabezpieczono przed działaniem lodu blachą stalową 3 mm grubości. Most składa się z 9 przęseł, z których najdłuższe ma 22,5 m rozpiętości. Pomost szerokości 23,4 m, położony 16,5 m nad wodą, opiera się na 8 rzędach bardzo smukłych słupów długości dochodzącej do 10 m i średnicy 800 mm oraz na przyczółkach. Słupy podpór mają wspólną ławę fundamentową 22 m długości posadowioną na 78 palach drewnianych 12-20 m długości. Światło żeglugi pod mostem wynosi 15,1 m. W latach 90. ub. wieku stwierdzono znaczne zarysowania słupów i ich wygięcia, a także zmniejszenie przerwy dylatacyjnej pomostu do 10 mm [3]. Szczegółowe badania wykazały, że powodem była reakcja alkaliczna ASR w betonie. W 2003 r. słupy naprawiono, zaim-

pregnowano silanami oraz zabezpieczono powłoką cementowo-lateksową



Fot. 19. Most żelbetowy Elgeseter w Trondheim

Most Sørsund (*Sørsundbrua*) w Kristiansund (fot. 20) w ciągu drogi wojewódzkiej nr 420 przekracza cieśninę Sørsundet. Jego część środkowa jest mostem wspornikowym z betonu sprężonego o zmiennej wysokości przekroju. Przęsła dojazdowe do części wspornikowej mają stałą wysokość przekroju i oparto je na bardzo wysokich smukłych podporach słupowych. Całkowita długość mostu wynosi 408 m a przęsło środkowe ma 100 m rozpiętości. W sumie most składa się z 19 przęseł. Światło pod mostem wynosi 38 m. Ukończony w 1963 r.



Fot. 20. Most Sørsund w Kristiansund

Most Øvre Sund (*Øvre Sund Bru*) jest bardzo oryginalnym projektem (fot. 21), który powstał w wyniku ogłoszonego w 2000 r. konkursu. Jest mostem płytowym o konstrukcji ciągłej 5-przęsłowej długości 148 m. Ma niesymetryczny przekrój i odchylone podpory. Przekrój płytowy odciążono przez zabetonowanie w nim tzw. rur spiro. Jest przeznaczony pod ruch samochodowy. Natomiast obok dobudowano lekki pomost stalowy, podparty zastrzałami, przeznaczony dla pieszych i rowerzystów. Przęsła mają rozpiętość od 25,8 do 32

m. Szerokość całkowita pomostu wynosi 23 m, przy czym część betonowa liczy 16,5 m a stalowa 6,5 m. Most oddano do ruchu w 2011 r.



Fot. 21. Oryginalny most płytowy Øvre Sund nad Drammenselva w Drammen



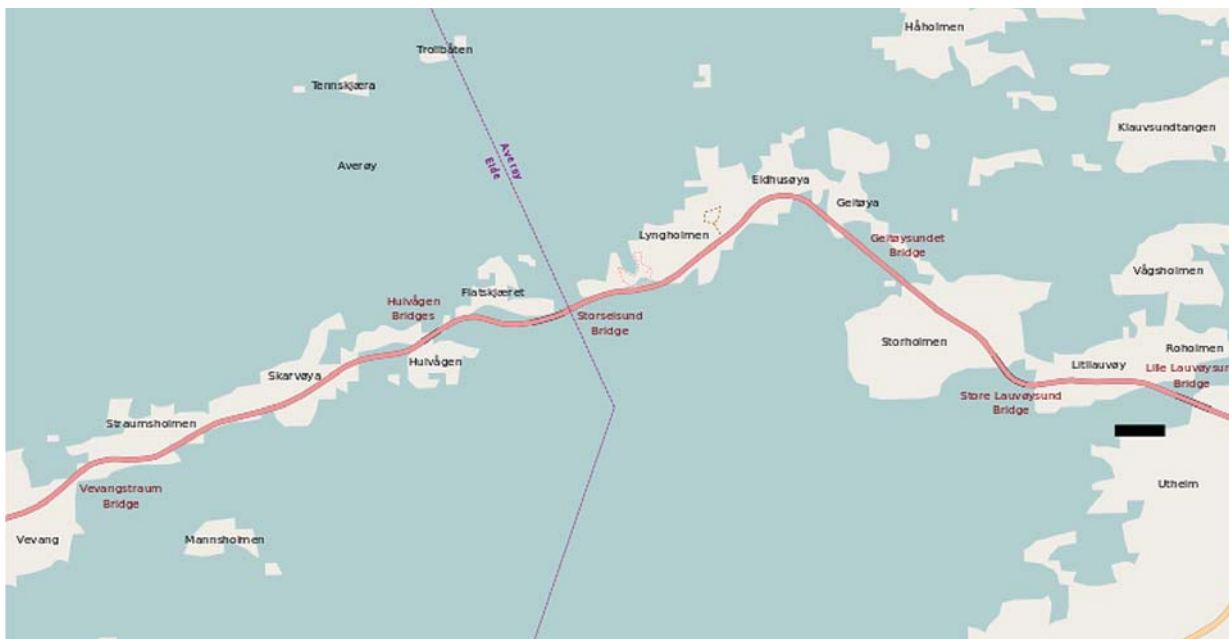
Fot. 23. Najciekawszy fragment Trasy (zjazd z mostu Storseisundet)



Fot. 24. Wjazd na most Storseisundet na „drodze donikąd”

Droga Atlantycka (*Atlanterhavsveien*)

Zbudowana w latach 1985-1989 słynna Droga Atlantycka (fot. 22) łączy liczne szkiery i w większości niezamieszkałe wysepki na długości 8,27 km. Zaczyna się 30 km za Kristiansund a kończy 47 km przed Molde, dwoma najludniejszymi miastami województwa Møre i Romsdal. Do 1999 r. przejazd trasą był płatny. W 2005 r. trasę uznano za „norweską konstrukcję stulecia”. W jej ciągu znajduje się 8 mostów. Najstynniejszym i najbardziej widowiskowym z nich jest Storseisundet (fot. 23).



Fot. 22. Trasa słynnej Drogi Atlantyckiej łączącej liczne niezamieszkałe wysepki

Most Storseisundet (*Storseisundetbrua*) położony jest w niezwykle widowiskowym łuku pionowym i poziomym (fot. 24 i 25), stanowiąc dużą atrakcję turystyczną. W 2011 r. *Daily Mail* nazwał go „drogą donikąd” („*The road to nowhere*”). Przęsło środkowe 130 m rozpiętości, aby umożliwić żeglugę, wznosi się 23 m nad lustrem wody. Jest to konstrukcja dwuwspornikowa, trójprzęsłowa, z betonu sprężonego o całkowitej długości 260 m. Maksymalny spadek jezdni wynosi 8% a jej szerokość to zaledwie 6,5 m. W okolicy mostu są parkingi, z których turyści fotografują ten wyjątkowo „pokręcony” obiekt.



Fot. 25. Najatrakcyjniejszy obiekt na Drodze Atlantyckiej – most Storseisundet

Mosty drewniane

Most Tonning (*Tonningbrua*) znajduje się w miejscowości Stryn i pochodzi z 1860 r. Łączy Aarheim/Visnes z Tonning po drugiej stronie rzeki Stryn. Jest mostem trzyprzęsłowym z zastrzałowym wzmocnieniem pomostu opartym na jarzmach palowych oraz kamiennych przyczółkach (fot. 26).



Fot. 26. Ponad 150-letni most drewniany Tonning w Stryn

Kładka Kalvskinnet (*Gangbrua Øya-Kalvskinnet*) nad Nidelvą (fot. 27) zbudowana pierwotnie w 1902 r. łączy półwysep Øya z dzielnicą Kalvskinnet, słynną z XII-wiecznej bitwy, sto-

czonej między dwoma obozami walczącymi o tron w Nidaros (poprzednia nazwa Trondheim). W 1995 r. obiekt zrekonstruowano, zachowując ten sam układ konstrukcyjny i te same podpory. Zmieniono tylko balustrady. Każde z przęseł pomostu wzmocnione jest ściągiem stalowym rozpartym dwoma drewnianymi słupkami.



Fot. 27. Kładka drewniana Kalvskinnet w Trondheim

Wiadukt Beston z 1999 r. jest jednym z przykładów nowoczesnego budownictwa mostów drewnianych w Norwegii [1]. Ten rozporowy obiekt (fot. 28) rozpiętości 20,2 m i całkowitej długości 25 m został zainspirowany starym tradycyjnym budownictwem mostowym, ale z zastosowaniem nowoczesnej technologii. Pomost 198 mm grubości wykonany ze sprasowanych laminatów drewnianych oparto na stalowych poprzecznicach. Wieszaki są także stalowe. Rozpory wykonano z 3 klejonych laminatów drewnianych przykrytych blachą ocynkowaną. Jest mostem o jednym pasie ruchu przeznaczonym dla ciężarówek transportujących drewno.



Fot. 28. Wiadukt Beston na drodze leśnej nad drogą nr 23

Innymi przykładami nowoczesnego budownictwa drewnianego są obiekty pokazane na fot. 29 i 30. Oba mają konstrukcję łukową, dwu- i trójprzegubową, wykonaną ze sprasowanych laminatów drewnianych. Elementy rozciągane są ze stali.



Fot. 29. Kładka drewniana nad drogą do Trollstigen



Fot. 32. Rozdwojony pomost kładki Ypsilon widoczny z drugiego brzegu



Fot. 30. Wiadukt drewniany nad drogą ekspresowa nr 7

Kładki nagrodzone

Kładka Ypsilon (*Ypsilonbrua*) w Drammen nad Drammenselva (fot. 31 i 32), zaprojektowana przez Arne Eggena, ma konstrukcję podwieszoną do jednego rozdwojonego pylonu wysokości 47 m. Części pylonu mają kształt cygar. Najdłuższe z 3 przęseł ma 90 m rozpiętości. Dźwigar głównego przę-

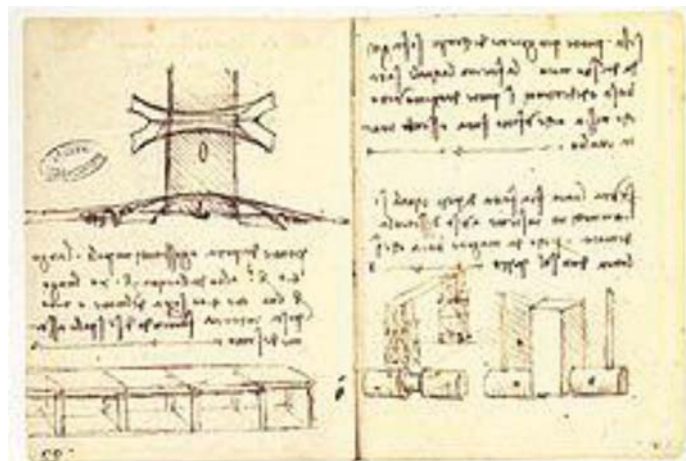
sła to 2 rury stalowe $\varnothing 620 \times 20$ mm z 4 m szerokości pomostem. Pomost podwieszono na 2×8 odciągach. Skrajne przęsła tworzą pojedyncze rury stalowe $\varnothing 620 \times 20$ mm z wspornikowym pomostem szerokości 3 m. Są one podwieszono za pomocą 2×4 odciągów. Światło żeglugi pod stalowym pomostem wynosi 6×15 m. Kładkę oddano do ruchu w 2008 r. W 2008 r. kładka uzyskała Nagrodę ECCS w dziedzinie mostów stalowych, a rok później Europejską Nagrodę Konstrukcji Metalowych.

Kładka Leonarda da Vinci (*Leonardo da Vinci brua*) w Ås nad drogą E18. Zbudowana w 2001 r. według pomysłu Vebjørna Sanda – norweskiego artysty-malarza, na podstawie rysunku Leonarda da Vinci z 1502 r. To wówczas na prośbę sułtana Bajazyta II przedstawił on propozycję mostu w Złotym Rogu nad Bosforem [4]. Sułtan w przeciwnieństwie do włoskiego artysty nie był przekonany o skuteczności tego pomysłu, chociaż Leonardo ofiarowywał się, że sam pokieruje budową. U Leonarda rozpiętość łuku miała wynieść 240 m i miał to być łuk kamienny (fot. 33).

Łuki kładki z drewna klejonego w Ås mają rozpiętości znacznie mniejsze: 45-55 m (fot. 34). Podobna konstrukcja (*Streicker Bridge*) wzorowana na pomysłach Leonarda istnieje



Fot. 31. Pojedynczy pomost kładki Ypsilon w Drammen



Fot. 33. Szkice Leonarda da Vinci z koncepcją mostu

w Princeton University w stanie Nowy Jork (USA). Trzy łuki podtrzymujące pomost, jako rozwiązanie konstrukcyjne, przyjęto dopiero w trzy wieki po Leonardzie. Długość kładki norweskiej wynosi 110 m. Prace nad projektem trwały ponad 6 lat. Rozważano także budowę konstrukcji kamiennej. Jednakże stwierdzono, że w drewnie lepiej oddana będzie elegancka i lekka sylwetka konstrukcji. Vebjørn zaprojektował kładkę z pomocą biura Selberg Architects. W 1994 r. Norwedzy zbudowali największej rozpiętości konstrukcję z drewna klejonego w Lillehammer jako dach nad olimpijskim stadionem lodowym. Doświadczenie to przeniesiono na tę konstrukcję. Kładka była na tyle sławna, także podczas jej budowy, że otwierała ją do ruchu pieszo-rowerowego sama królowa norweska. Otwarcie kładki było szczególnie. Dźwigami uniesiono bowiem białe przekrycie kładki, niczym przy odsłanianiu pomnika czy innego dzieła sztuki. Bo za takie uważał go norweski artysta, twierdząc że po raz pierwszy została zrealizowana konstrukcja według projektu Leonarda da Vinci.



Fot. 35. Stary most graniczny Svinesund z 1946 r.



Fot. 34. Kładka drewniana w Ås nad drogą E18



Fot. 36. Nowy most graniczny Svinesund z 2005 r.

Mosty graniczne ze Szwecją (Svinesund)

Most Svinesund, to dwa mosty – stary most łukowy żelbetowy (fot. 35) z 1946 r. i nowy jednolukowy most żelbetowy z jazdą pośrednią (fot. 36) z 2005 r. nad Iddefjordem na granicy Szwecji i Norwegii. Nowy uchodzi za najpiękniejszy most łukowy w świecie. Most zawsze odgrywał znaczącą rolę w komunikacji drogowej ze Szwecją i resztą Europy. Obecnie prowadzi drogę międzynarodową E6.

Nowy most jest najwyższym mostem północnej Europy pod względem usytuowania pomostu nad lustrem wody (61 m). Otwierano go z wielką pompą w obecności króla Norwegii oraz szwedzkiej księżniczki. Akurat w 2005 r. obchodzono 100-lecie zerwania unii szwedzko-norweskiej. W lecie most przekracza 15 000 pojazdów dziennie. Tereny Svinesund były w historii przedmiotem sporów między oboma narodami. W końcu król św. Olaf przejął je pod swoje panowanie. W Starym Svinesund można oglądać byłą stację pocztową z 1830 r. i urząd celny, które obsługiwały przeprawę promową do Szwecji. Kiedyś był to największy urząd pocztowy w kraju, przez który musiały przechodzić wszystkie przesyłki do i z Norwegii. Długość nowego mostu wynosi 704 m. Nie sie on po dwa pasy ruchu w każdym kierunku. Rozpiętość łuku żelbetowego wynosi 247 m. Pomost ma postać dwóch

skrzynek stalowych, każda pod jedną jezdnią. Skrzynki te są stężone poprzecznie za pomocą poprzecznic stalowych rozstawionych co 25,5 m. Z kolei poprzecznice są podwieszane do betonowego łuku. Wysokość pojedynczego łuku nad lustrem wody to 91,7 m, a pomostu 55 m. Łuk jest usytuowany centralnie między obiema jezdniami. Całkowita szerokość pomostu wynosi 28 m. Łuk jest dwuprzegubowy i był wykonywany metodą wspornikową przy użyciu odciągów linowych. Wykonawcą była firma Bilfinger Berger. Dwie połówki łuki były betonowane w deskowaniach samowznoszących się. Beton dostarczano w pojemnikach kolejną linową. Co tydzień betonowano jeden segment łuku. Do wykonania segmentu zużyto 60 m³ betonu klasy B70. Każda z połówek łuku składała się z 50 takich segmentów. Przekrój łuku ma kształt skrzynkowy. Wewnątrz zastosowano folie grzewcze, zabezpieczające przed przemarzaniem, oblodzeniem i śniegiem. W przekroju łuku znajduje się chodnik rewizyjny a na zewnątrz umieszczono światła nawigacyjne. Dopiero po wykonaniu łuku przystąpiono do montażu pomostu. Jego segmenty środkowe przyplłynęły na barkach jako scalone i podnoszono je z wody na miejsce montażu. Most kosztował 1,4 mld SEK. Był wspólną inwestycją obu rządów. Przejazd mostami starym i nowym jest płatny.

Stary most jest nadal w użyciu. Był budowany podczas II wojny światowej w latach 1939-1946. Ma 420 m długości i składa się z żelbetowego łuku rozpiętości 155 m oraz 10 kamiennych łuków dojazdowych, 7 po stronie szwedzkiej (w łuku) długości 165 m i 3 po stronie norweskiej długości 65 m. W 1942 r. częściowo go wysadzono w ramach obrony przed inwazją niemiecką. Obecnie służy jako uzupełnienie mostu z 2005 r. W latach 2007-2008 jako obiekt chroniony był poddany renowacji. Poszerzono chodniki kosztem jezdni oraz ograniczono dopuszczalny ciężar pojazdów do 35 kN.

Inne obiekty mostowe

Kładka Kwiatowa (*Blomsterbrua* lub *Verftsbrua*) nad zatoką w Trondheim (fot. 37) służy pieszym i rowerzystom od 2003 r. Jest najbardziej obciążoną ruchem pieszym w mieście (przechodzi nią 5 000 osób dziennie), gdyż stanowi dogodnie połączenie z centrum. Liczy 125 m długości i składa się z 8 przęseł o konstrukcji ciągłej opartej na rozwidlonych, koźlowych podporach słupowych. Wykonano je z betonu, ale na zewnątrz osłonięto blachą ze stali nierdzewnej. Kładka jest konstrukcją ruchomą przesuwaną w kierunku nabrzeży, na kołach zębatych, aby umożliwić przepływanie większym jednostkom. Szerokość ich nie może być jednak większa od 16 m. Po zamknięciu otworu mogą pod nią przepływać jednostki o wysokości do 6 m i szerokości do 4,5 m. Popularna nazwa kładki pochodzi stąd, że na obu balustradach umieszczono 350 metalowych skrzynek na kwiaty, których rodzaj zmieniany jest wraz z porami roku.



Fot. 37. Ruchoma kładka Kwiatowa w Trondheim

Wiadukt Nordenga (*Nordenga bru*) z 2011 r. (fot. 38) ma bardzo oryginalną niesymetryczną rurową konstrukcję kratową zakrzywioną w planie i w pionie. Wiadukt łączy nową dzielnicę Bjørvik (nad fiordem) ze starą częścią Oslo Grønland przekraczając 23 tory przy głównym dworcu kolejowym. Do 160 m konstrukcji kratowej podwieszono pomost szerokości 23,6 m. Z jednej strony niesie on dwupasową jezdnię drogową a z drugiej chodnik i ścieżkę rowerową. Długość całkowita 5-przęsełowego obiektu wynosi 306 m przy maksymalnej rozpiętości przęsła 67 m. Maksymalna wysokość konstrukcji (nad skrajną podporą) wynosi 35 m a pomost w najwyższym

punkcie znajduje się 7 m nad torami. Część nad torami zmontowano z 5 prefabrykowanych segmentów. Masa konstrukcji stalowej wyniosła 1970 t.



Fot. 38. Oryginalny wiadukt nad torami w Oslo z 2011 r.

Mosty kamienne budowano jeszcze w XX wieku ze względu na łatwą dostępność materiału. Przykładami są np. trójprzęsłowy most w Hellesylt (fot. 39), miejscowości, z której ruszają rejsy najslawniejszym fiordem Geiranger oraz most jednoprzęsłowy z 1935 r. zbudowany na zapierającej dech Drodze Trolli (fot. 40).



Fot. 39. Most kamienny w Hellesylt



Fot. 40. Mostek kamienny nad Stigfossen na słynnej Drodze Trolli



Fot. 41. Most zespolony w Stryn



Fot. 43. Typowy wiadukt nad autostradą dojazdową do Trondheim

Przykładem mostu zespolonego jest czteroprzęsłowy, ciągły obiekt w Stryn (fot. 41). Interesującym jego fragmentem jest łożysko wahaczowe na przyczółku (fot. 42), obecnie już niemal nie stosowane.

Wiele wiaduktów i kładek nad drogami głównymi ma konstrukcję zbliżoną do przedstawionej na fot.43.

Bibliografia

- [1] T. Dyken, O. Kleppe, *The Norwegian Approach to Modern Timber Bridge Design*, Norwegian Public Roads Administration
- [2] S.E. Jakobsen, A. Munz, B. Kleppeto, O.H. Hole, *Drammen Bridge – technical challenges due to aesthetics*, IABSE Symposium Report, Budapest 2006, 3-10
- [3] V. Jensen, *Elgeseter Bridge in Trondheim Damaged by Alkali Silica Reaction: Microscopy, Expansion and Relative Humidity Measurements, Treatment with Mono Silanes and Repair*, 9th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, 9.-12. September 2003, Trondheim Norway
- [4] J. Rymsza, *O kładce dla pieszych wzorowanej na projekcie mostu Leonarda da Vinci*, „Inżynieria i Budownictwo”, 11, 2009, 639-641
- [5] A. Tomaszewicz, J.J. Jensen, *Mosty Norwegii*, Biblioteczka ZMRP - Zeszyt nr 1, Kraków 1999



Fot. 42. Łożysko wahaczowe na przyczółku mostu zespolonego w Stryn

Serwis GDDKiA • Aktualności

Krajowy System Zarządzania Ruchem z dofinansowaniem unijnym

Projekt „Krajowy System Zarządzania Ruchem Drogowym na sieci TEN-T – etap I” znalazł się na liście projektów wybranych przez Komisję Europejską do dofinansowania w ramach Funduszu *Connecting Europe Facility*. Inwestycja warta 145 mln euro otrzyma dofinansowanie środków UE w wysokości 123 mln euro.

Przedmiotem projektu jest budowa i wdrożenie jednolitego, zintegrowanego inteligentnego systemu teleinformatycznego, umożliwiającego uruchomienie usług ITS o największym znaczeniu dla kierowców oraz GDDKiA. System umożliwi dynamiczne zarządzanie ruchem i zapewni szybki, bezpieczny oraz płynny transport drogowy na najważniejszych korytarzach transportowych sieci bazowej o znaczeniu europejskim na terenie Polski zarządzanych przez GDDKiA. Łączna długość sieci drogowej objętej Projektem wynosi ok. 1 100 km, co stanowi ok. 28% długości sieci bazowej TEN-T na obszarze Polski.

Projekt zakłada wdrożenie zidentyfikowanych przez GDDKiA jako priorytetowych dla uczestników ruchu i zarządzania ruchem usług ITS poprzez:

- zaprojektowanie,
 - rozmieszczenie,
 - instalację,
 - wdrożenie
 - uruchomienie infrastruktury informatycznej, teleinformatycznej, komunikacyjnej i telematycznej oraz oprogramowania w pasie drogowym (m.in. znaki zmiennej treści, znaki pryzmowe, konwencjonalne znaki drogowe, liczniki ruchu, kamery, stacje pogodowe) oraz w dedykowanych centrach zarządzania ruchem (serwery, macierze danych, sprzęt komputerowy, ściany wizyjne, itd.).
- Jako najważniejsze usługi ITS wdrażane w ramach Projektu należy wymienić: informacje o warunkach ruchu i czasach podróży, informacja o sieci drogowej, informacja o zdarzeniach, informacja pogodowa, obszarowe i korytarzowe zarządzanie ruchem, dynamiczne wyznaczanie objazdów, inteligentne i bezpieczne parkingi.

24-06-2016

(TS)