

Jacek Wesołowski

Historyczne uwarunkowania tworzenia systemów kolejowych na świecie (2). Pokonywanie barier terenowych

W niniejszej części cyklu dokonaliśmy wyboru najważniejszych, naszym zdaniem, faktów związanych z kształtowaniem sieci kolejowej przez przeszkody geograficzne w postaci gór, rzek i, coraz częściej, innych akwenów – takich jak zatoki. Istotnym spostrzeżeniem z analizy przedmiotu może być to, że mimo ogromnego postępu technicznego, który otworzył niemal nieograniczone możliwości budowy linii w dowolnym kierunku i formie, przeszkody wynikające z ukształtowania terenu mogą wciąż stanowić istotną barierę dla konkurencyjności kolei nawet w najbogatszych państwach świata.

Słowa kluczowe: historia sieci kolejowej, koleje główne, koleje lokalne.

Pokonywanie gór

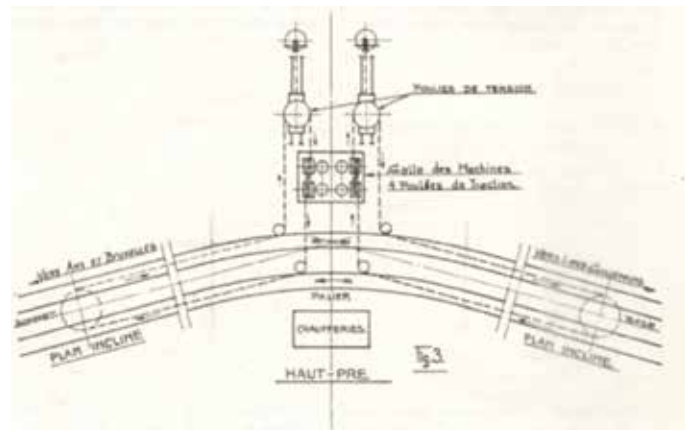
Ze względu na niewielką tolerancję nachylenia podłużnego góry stanowiły (i wciąż stanowią) dla kolei najtrudniejszy teren do pokonania. Chociaż ich przekraczaniem zajęto się już w połowie XIX w., budowa linii potrafiła trwać bardzo długo, zwłaszcza gdy nie miała ona stanowić elementu podstawowej sieci kraju, a tylko część „powierzchniowego pokrycia” eliminującego geograficzną izolację trudniej położonych regionów. Na przykład dla linii Carmaux–Rodez w Oksytanii francuskiej „deklarację użytku publicznego” wydano w 1879 r., ale inwestycję ukończono dopiero w 1903, wraz z oddaniem łukowego wiaduktu nad doliną rzeki Viour [Tab. 2]. Uzyskanie wymaganych nachyleń pociągało za sobą konieczność licznych dzieł inżynierskich, a te wymagały opracowania i udoskonalenia techniki drążenia tuneli i budowy mostów. Różne formy tych ostatnich – od murowanych aż po arcydzieła nowatorskich konstrukcji metalowych – znajdziemy na przykład na południu Francji, gdzie stanowią one istotną część zabytków światowej architektury i inżynierii kolei¹.

Jednak pierwsze linie kolejowe prowadzone były czasem ze znacznymi spadkami, które zazwyczaj wyposażano w napęd linowy. Powodowało to czasochłonną odprawę pociągów i konieczność równoważenia ciężaru. Dlatego i w tych przypadkach próbowano parowozów. Pokonanie niemal 7-procentowego nachylenia na *Philadelphia & Columbia RR* już w 1836 r., brzmi dzisiaj niemal niewiarygodnie, ale podobno miało miejsce przy najmniej dwukrotnie². Nie mogło to być jednak codzienną praktyką, skoro trudny odcinek dość szybko ominięto (1850). Pewne jest natomiast, że w miarę postępu techniki parowozowej, z napędem linowego można było nieraz zrezygnować. Na magistrali belgijskiej z 1842 r., przy wyjeździe z doliny Mozy pod Leodium, gdzie linia wznosi się na pięciu kilometrach pod średnim kątem 2,22% (Plan incliné de la côte d'Ans), napęd linowy funkcjonował tylko do 1871 r.³ Jednak jeszcze przez sto lat, które upłynęły do elektryfikacji, stosowano wspomaganie wjeżdżających pociągów dodatkową lokomotywą z tyłu, zwykle bez użycia sprzęgu (zdarzało się to też przy trakcji elektrycznej). Nawet 1,14-1,45% nachylenia na długim odcinku 15 km pod Beattock Summit na magistrali West Coast w Szkocji mogło wywoływać potrzebę wspomaganie cięższych pociągów parowych. Francuską „Ligne des Causses”

(Béziers–Neussargues, 1888, *ChF du Midi*) otwierającą wnętrze Masywu Centralnego od południa, zbudowano ze spadkami sięgającymi nawet 3,3%;⁴ linię tę zelektryfikowano jako jedną z pierwszych, bo już w 1932 r. Mimo nieporównanie wyższej sprawności współczesnych lokomotyw, technikę popychania składu z tyłu stosuje się gdzieś do dzisiaj – jak choćby na „Geislinger Steige” w Szwabii, gdzie magistrala Sztuttgart–Monachium wznosi się przez 5,6 km z nachyleniem maks. 2,25% (1850, *Kön. Württembergische Staats-Eisenbahnen*).

Większe nachylenia wymagały dodatkowej przyczepności. Wczesnym rozwiązaniem była trzecia szyna w osi toru, wyniesiona ponad poziom szyn jezdnych i ustawiona poziomo. Obejmowały ją pary poziomych kół specjalnych parowozów, jak i pary klocków hamulcowych, za pomocą których uzyskiwano dodatkowe przełożenie napędu i hamowanie. Ten tzw. system Fella nie okazał się popularny, ale na liniach ogólnego znaczenia używano go szczególnie długo na kolei Niteroi–Nova Friburgo w Brazylii (*EF Cantagalo*, 1873-1964, maks. 6,7%), jak też na Rimutaka Incline w Nowej Zelandii (1878-1955 ; il. 1-2).

Znacznie bardziej rozpowszechnioną techniką pokonywania dużych nachyleń podłużnych jest dodatkowa **szyna zębata**, umieszczona w osi toru. Stosowane współcześnie technologie zębate zostały zapoczątkowane przez inżynierów szwajcarskich w drugiej połowie XIX w.: N. Riggenbacha, R. Abta, E. Lochera i E. Struba, na liniach o charakterze turystycznym. Kolej zębata może być fragmentem linii w większości adhezyjnej, a szynę zębata zakłada się tylko na trudniejszych odcinkach. Prędkość jazdy na nich jest mniejsza, niż na prostych torach adhezyjnych, ale na ile sumarycznie przyśpieszają one przejazd trzeba by kalkulować w odniesieniu do teoretycznego wydłużonego i krętego przebiegu linii o mniejszym spadku. Na obecnych ziemiach polskich były dwie takie linie: *Kolej Wilanowska* w Warszawie (tor 800 mm, maks. 4%, eksploatacja 1902-15) i *Eulengebirgsbahn* na Śląsku (normalnotorowa, maks. 6% nachylenia, eksploatacja



1. Plan incliné de la côte d'Ans pod Leodium – schemat napędu linowego. Źr.: G. Saelens, A. Liénard, *Plan incliné de Liège*, w: *Rail et Traction*, Bruxelles, No. 14, VIII/IX 1951

1902-31). W Szwajcarii odcinki zębate zdarzają się również na trasach o charakterze międzyregionalnym, takich jak *Brünigbahn* (ukończ. 1916, spadek do 12%) albo *Furka-Oberalp-Bahn* (1914-26; 11%, zębatka od 6,7%; maksymalny spadek na odgałęzieniu 18%). Jednak im później, tym odważniej pozostawiano znaczne nachylenia bez wspomaganie: *Berninabahn* (ukończ. 1910) jest całkowicie adhezyjna, mimo nachyleń sięgających 7%. Wprowadzenie nowego taboru pasażerskiego może uczynić korzystanie z zębataki zbędnym. Tak się stało już w 1938 r. przy wprowadzeniu przez kolej JDŽ zespołów trakcyjnych na częściowo przebudowanej wąskotorowej „Narentabahn” w Bośni, gdzie maksymalne nachylenie sięgało 6% (linia zastąpiona przez normalnotorową adhezyjną w 1966 r.)⁵. Dzisiaj podobnie jest na linii Tanwald-Kořenov (budowa przez kkStB, 1902, wtedy Tanwald-Grünthal) w Czechach, gdzie adhezyjne wagony spalinyowe regularnie jeżdżą na spadku do 5,8%.

W granicach spadków możliwych na sieciach kolejowych zębatka może występować zamiennie z napędem linowym, ale jest wolna od wielu jego eksploatacyjnych mankamentów. W Brazylii połączenie portowego miasta Santos z Sao Paulo wymagało pokonania ponad 700 m przewyższenia na długości mniej więcej 10 km w linii prostej. Aby tego dokonać w określonym ściśle budżecie inwestycji, zbudowano linię napędzaną jak czteroodcinkowy funikular ze spadkami 10,3% (1867, *São Paulo Railway*). Trasę tę następnie zdublowano nową linią, ze spadkami do 8%, o charakterze pięcioodcinkowego funikularu z liną ciągłą (1901, zamkn. 1982; il. 1-3)⁶. Pociągi pasażerskie dzielone były na trójwagony części, które podłączano do małej lokomotywy-głowicy hamującej, wyposażonej w chwytak liny. Pokonanie tylko jednej rampy z napędem linowym nowej trasy zajmowało 9 minut, z czego półtorej minuty zabierała zmiana liny napędowej na poziomych stacjach przejściowych między rampami – było to zatem bardzo czasochłonne. Starą linię, po wielu latach eksploatacji, w 1974 r., przekształcono w kolej zębatą i w takiej formie funkcjonuje ona do dzisiaj, ale już tylko jako towarowa. Jest to bodaj jedyny przypadek na świecie, gdzie linia zębata stanowi niewrażliwy element głównej sieci kolejowej (il. 1-4). Mniej więcej w tym samym czasie zlikwidowano alternatywne połączenie między oboma miastami (1957), które wykorzystywało nową linię adhezyjną, ukończoną w 1937 r. (maks. nachylenie 2%; sam górski odcinek jest nadal używany w ruchu towarowym, omijającym Sao Paulo). W ruchu osobowym używa się tam dzisiaj dwóch autostrad, z których pierwszą zaczęto budować już w 1939 r. Ciekawe byłoby zobaczyć, jak dzisiaj poradziliby sobie budowniczości kolei, gdyby w Brazylii powrócono do kolei jako rozwojowego środka transportu, mogącego konkurować z samochodem także przy pokonywaniu gór.

W Japonii na linii między Tokio i Nagano dla pokonania przełęczy Usui (wymagającej 552-metrowego przewyższenia) wykorzystywano najpierw odcinek zębata, zastosowany na nachyleniu prawie 6,7% (1882). W 1911 r. zelektryfikowano go „trzecią szyną”, co przyspieszyło przeprawę pociągów. Późniejszy rozwój trakcji elektrycznej doprowadził do wtórnej elektryfikacji – tym razem górnej, typowej dla kolei państwowych regionu tokijskiego (1973), a wkrótce potem do rezygnacji ze wspomaganie zębatką w ogóle. Wprowadzono jednak przy wjeździe pociągów (a także zespołów trakcyjnych) wspomaganie lokomotywami z tyłu. Do momentu zamknięcia linii w 1997 r. był to jeden z najbardziej stromych odcinków kolei magistralnych na świecie⁷.

W przypadku linii lokalnych, zwłaszcza turystycznych, pojawienie się techniki napowietrznych kolei linowych zagroziło w pewnym

2. Rimutaka Incline pod Wellington, Wyspa Północna, Nowa Zelandia na rok przed otwarciem tunelu. Widoczna szyna Fella w osi toru
źr.: fot. Roland Searle, 1954, Te Papa Tongarewa / Museum of New Zealand, PD; WikiComm



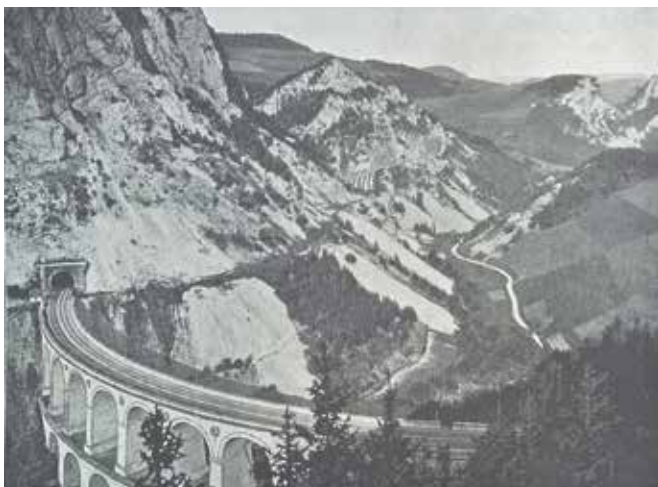
3. Trójszynowa trasa na odcinku linowym linii Santos – Sao Paulo z 1901 r.
źr.: fot. Guilherme Gaensly, 1905-10, kolekcja: Biblioteca Digital Luso-Brasileira



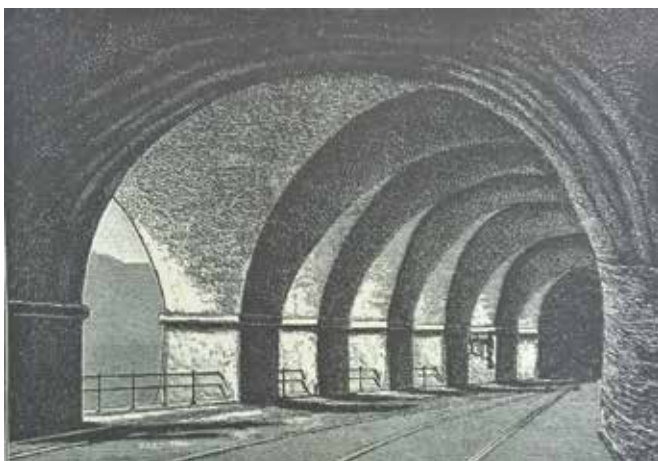
4. Pociąg na zębatym odcinku linii Santos – Sao Paulo, przebudowanym w 1974 r. ze starszej linii o napędzie linowym
źr.: fot. Mschnider, 2006, WikiComm, PD

stopniu funkcjonowaniu zarówno kolei zębatych, jak i funikularów. Przykładem na pierwszą podmianę jest zamknięcie *Chemin de fer du Salève* pod Genewą (1935), która nie wytrzymała konkurencji. Miała ona znaczenie historyczne, będąc pierwszą elektryczną koleją zębatą na świecie (1892). Przykładem drugiej podmiany jest natomiast zamknięcie funikularu *Lauterbrunnen-Grütschalp* pod Jungfrau (2006), będącego elementem linii komunikującej ze światem wysoko położoną wieś Mürren, dokonane z powodu nie dającej się opanować niestabilności zbocza.

Zygzakowanie było inną jeszcze oszczędnościową metodą na pokonanie wzniesień, na liniach głównych stosowanym raczej w koloniach albo państwach pokolonialnych, niż w Europie. Przykładem może przejście przez Blue Mountains w Nowej Południowej Walii (między Penrith i Lithgow), ukończone w 1870 r. Zastosowano tam spadki do 3,3%. Eksploatowano je do 1910, kiedy zbudowano trasę przez tunele "Ten Tunnel Deviation". Do dzisiaj eksploatuje się linię transandyjską Lima-La Oroya, z zygzakowaniem na trasie i ze spadkami do 4% – jednak już tylko w ruchu towarowym. W osobowym wciąż jeszcze dwie pary pociągów pokonują zygzaki w Birmie, na linii Mandalay–Lashio (1900). Nawet w Japonii zygzakowania się zdarzają, ale teraz już tylko na liniach



5. *Semmeringbahn*, wiadukt Kalte Rinne
 źr.: *Der Weltverkehr und seine Mittel*, 1. Teil, jako *Das Buch der Erfindungen*, 9. Bd., Otto Spamer, Leipzig, 1901



6. *Semmeringbahn*, tunel galeriowy
 źr.: *Der Weltverkehr und seine Mittel*, 1. Teil, jako *Das Buch der Erfindungen*, 9. Bd., Otto Spamer, Leipzig, 1901

bocznych (np. JR Kisuki, 1937). W pierwszych przykładach po każdym nieparzystym odwróceniu biegu pociąg jest pchany przez lokomotywę, dlatego ich liczba powinna być parzysta. W przykładzie japońskim nie ma to już znaczenia, ponieważ używa się wagonów spalinowe. Naturalnie, ta technika pokonywania wzniesień, podobnie jak odcinki linowe, szczególnie nie broni się w obliczu konkurencji innych środków transportu.

Linie wąskotorowe, z racji większej tolerancji na łuki o małych promieniach, pozwalały łatwiej dostosować się do rzeźby terenu. Pomagały one w skomunikowaniu miejscowości górskich na obszarach bardziej peryferyjnych. Do tej grupy zalicza się szereg linii szwajcarskich (np. *Berninabahn*, *Brünigbahn*, kolej *Montreux-Oberland bernois*). Szczególnie chętnie jednak używano wąskiego toru w górach poza „światem zachodnim”. Spektakularne przykłady to *Darjeeling Railway* (1881) i kolej Kalka–Simla (1903) w Himalajach, czy większość połączeń andyjskich, np. *Transandino* (1908), linia Salta–Antofagasta (1948) albo koleje w Boliwii i Kolumbii.

Duże nachylenia podłużne, nie przekraczające jednak 4%, nie stanowią dzisiaj większego problemu dla ruchu pasażerskiego. Znajdująca się w budowie linia KDP, pozwalająca ominąć „Geislinger Steige”, będzie miała nawet 3,5% spadku, podobnie jak wiele innych tras tego typu. Wszystkie współczesne pociągi, nie tylko KDP, zdolne są pokonywać takie nachylenia, co widać na północnej głowicy dworca Berlin Hbf. (2006), z rampą 3-procentową. Wciąż jednak unika się ich na trasach ciężkich pociągów towarowych. Budowana obecnie linia ruchu mieszane między Dżammu i Kaszmiem w Indiach stanowi trudne zadanie wprowadzenia kolei na wysoko położony płaskowyż, podobnie jak opisana wyżej linia pod Sao Paulo. Jest ona jednak całkowicie adhezyjna. Przewyższenie ok. 1300 m na odcinku w linii prostej długości ok. 85 km (teoretyczne średnie nachylenie 1,55%) pokonywane jest za pomocą linii wydłużonej do 226 km, dość krętej, z maksymalnym spadkiem 1% (a średnim 0,5%). Prędkość pociągów przewiduje się 100 km/h⁸.

Tym niemniej, niektóre trasy górskie ruchu mieszane musiały mieć duże nachylenia od momentu powstania. Rampy „*Semmeringbahn*” wybudowano (1854) z nachyleniem maksymalnym 2,8%, „*Brennerbahn*” (1867) – 2,5%, „*Gotthardbahn*” (1882) – również 2,8%. Trasy te wymagały przez długi czas szczególnie silnych lokomotyw górskich, zwykle specjalnie dla nich zaprojektowanych.

Budowa tuneli związała się nierozdzielnie z pojawieniem się kolei. Już na *Liverpool & Manchester Rly.* z 1830 r. konieczna była ich budowa na podejściu do dworców w Liverpoolu (jeden ma 2 km). Także na konno-parowej linii *St-Etienne–Lyon* (1827-33) prowadzonej doliną rzeki konieczne były trzy tunele liczące nawet do 1,5 km długości.

Za pierwszą brytyjską koleją górską przyjmuje się zazwyczaj przejście Penninów przez *Sheffield, Ashton-under-Lyne & Manchester Rly.* z 1845 r. Zbudowany na niej *Woodhead Tunnel* ma 4,8 km długości. Rosnący ruch szybko wymógł dobudowę drugiej nitki dla dodatkowego toru (1853), zaś XX-wieczna elektryfikacja – trzeciej, o odpowiednio większym prześwicie i to dla dwóch torów (jak widać, istnieją tunele, które mogą być istotną przeszkodą przy modernizacji linii). Jest rzeczą zadziwiającą, że to właśnie ta trasa została zamknięta pod sam koniec epoki masowych kasacji sieci kolejowej (1981).

W kontynentalnej Europie podwaliny pod sztukę budowy kolei górskich położono w austriackich Alpach⁹. W 1854 ukończono

kolej przez przełęcz Semmering (proj. Carl Ritter von Ghega) z około 1,5-kilometrowym tunelem głównym. Aby go osiągnąć linia musi pokonać przewyższenie 459 m, i czyni to ciągiem serpentyn, tuneli galeriowych i wiaduktów, przy dwukrotnym wydłużeniu trasy. Wprowadzenie kolei na wyżyny Styrii umożliwiło budowę połączenia z Wiednia do Triestu przez Lublanę, otwartego w 1857 r. (*k.k. Südliche Staatsbahn*). Dla jego przeprowadzenia starano się wybrać trasę nie wymagającą budowy znaczniejszych tuneli, w południowej części linia ma więc znaczne wydłużenie. Także późniejsza *k.k. priv. Kronprinz Rudolf-Bahn*, mająca połączyć Czechy z Adrią¹⁰, budowana była oszczędnie (1868-73). W rezultacie trasa pokonuje Alpy wielkimi „zygzakami”, tak jak pozwala na to przebieg dolin idących w większości równoleżnikowo. Początkowo raczej nie budowano tuneli dla skrócenia drogi i przyspieszenia pociągów, ale po to, żeby w ogóle mogły przejechać przy założonych spadkach i łukach.

Skomplikowana topografia Austrii oferowała jednak jeszcze jedną możliwość przejścia kolei przez Alpy bez konieczności budowy dużego tunelu, i to bardzo bezpośrednim korytarzem: przez przełęcz Brenner. Tamtejszą kolej ukończono w 1867 r. (*k.k. priv. Südbahngesellschaft*). Więcej takich możliwości nie było: zaczęła się epoka długich tuneli alpejskich, na początku poza Austrią. Pierwszy z nich – Tunel Fréjus (inaczej Tunel Mont-Cenis), między Sabaudią a Piemontem, otwarto w 1871 r. Ma on 12,8 km długości. Budowa ciągnęła się od 1857 r., kiedy jeszcze obie strony Alp znajdowały się w Królestwie Sardynii, a skończyła, gdy po jednej stronie znajdowała się młoda Republika Francuska, a po drugiej – o 9 lat starsze Królestwo Włoch. Budowa trwałaby znacznie dłużej, gdyby nie zaczęto stosować materiałów wybuchowych. W 1882 r. otwarto Tunel Sw. Gottharda, długości 15 km, o znacznym trudniejszych podejściach, używających m.in. tuneli spiralnych (prywatna *Gotthardbahn*). Wreszcie, w 1913 r., udrożnił się jeszcze jeden korytarz łączący Niemcy z Włochami, wykorzystujący tunele Lötschberg i Simplon.

Naturalnie, również w Austrii zaczęto budować dłuższe tunele. Drugą epokę kolei państwowych kStB zapoczątkowała budowa *Arlbergbahn* między Jeziorem Bodeńskim i Innsbruckiem, z „Arlberg-Tunnel” dług. 10,25 km (1885), umożliwiającą ruch z Austrii na zachód z ominięciem Niemiec i Włoch. Zapisał się on pionierskim użycie wiertarek hydraulicznych, w miejsce mniej sprawnych pneumatycznych¹¹. Już w XX w. starano się skrócić podejścia do Triestu, czemu posłużyła *Karawankenbahn* z „Karawankentunnel” (1906) i *Karst-Bahn*, zbudowana ze spadkami sięgającymi 2,5%, a także dwie linie między Salzburgiem i Górną Austrią a Karyntią: *Pyhrnbahn* i *Tauernbahn*, mające dać alternatywę dla wydłużonej *Rudolf-Bahn*, obie z trudnymi tunelami. Tunel Bosruck na tej pierwszej, mimo umiarkowanej długości 4,8 km, okazał się bardzo drogim w budowie.

Stworzenie krajowej sieci kolejowej we Włoszech wymagające scalenia elementów powstałych w poszczególnych państwach półwyspu, to właściwie niemal wyłącznie wielka epopeja zmagania z Apeninami. Pierwsze linie łączące również tutaj nie miały długich tuneli. Przykładem jest 100-kilometrowa *Ferrovía Porrettana*, ukończona w 1864 r.¹² między Bolonią i Pistoją (i dalej Florencją), która wspina się 580-560 m przy nachyleniach sięgających 2,6%, ale najdłuższy tunel ma tylko 2,7 km długości¹³. Prędkość maksymalna na długim odcinku spada do 70 km/h. Druga linia transapenińska, *Ferrovía Faentina*, z 1893 r., osiąga 578 m n.p.m. Obie są jednotorowe. Magistrálną rolę odebrała obu liniom *Direttissima*, ukończona na tym odcinku w 1934 r.

Tab. 1. Tunele alpejskie – wybór najważniejszych

	kraj	rok otwarcia	długość	najwyższe położenie n.p.m.	uwagi
Semmering-Tunnel	AT	1854, 1952	1,4 km 1,5 km	898 m	pierw. 1 x 2, obecnie 2 x 1
Gotthardtunnel Galleria San Gottardo	CH	1882	15,0 km	1150 m	1 x 2
Arlberg-Tunnel	AT	1884, korekta 2001	10,3 km, teraz 10,6 km	1311 m	1 x 2
Tunnel du Fréjus (Mont Cenis) Traforo del Frejus	IT FR	1871	12,8 km	1335 m	1 x 2
Trafo del Sempione Tunnel du Simplon	CH IT	1906	19,8 km	705 m	2 x 1
Bosruck-Tunnel	AT	1906	4,8 km	727 m	1 x 1
Karawanken-Tunnel	AT	1906	8,0 km	637 m	1 x 2
Tauern-Tunnel	AT	1909	8,4 km	1226 m	1 x 2
Tunnel du Lötschberg Lötschbergtunnel	CH	1913	14,6 km	1239 m	1 x 2

Jej ukształtowanie jest znacznie korzystniejsze, maksymalne nachylenia nie przekraczają 1,2% przy przewyższeniu ok. 250 m, ale główny tunel, Grande Galleria dell'Appennino, ma długość 18,5 km. Wreszcie czwarte równoległe połączenie, zbudowane dla KDP w 2009 r., dysponuje serią tuneli, z których najdłuższe mają 18,7 km i 15,3 km. Są one tylko dlatego umiarkowanie długie, dając więcej możliwości ewakuacji, że całą trasę podniesiono na 413 m, czyli znacznie wyżej, niż *Direttissima*¹⁴. Pozwoliły one zastosować łagodną łuki i nieco skróciły drogę. Czas przejazdu między Bolonią i Florencją, który po otwarciu *Porrettany* wynosił 5 h, w okolicach I wojny światowej 3 h, a po elektryfikacji 2,5 h, spadł w ostatnich czasach do niespełna godziny *Direttissima* i, ostatecznie, do 34 minut linią KDP. Mamy tutaj rzadki, a przez to tym wymowniejszy przykład trzech generacji przepraw górskich zbudowanych dokładnie na tej samej trasie (il. 7).

Dzisiaj zamiana krętych linii prowadzonych zwykle dolinami rzek na długie równoległe tunele o łagodnych łukach, czasem obejmująca budowę głębokich tuneli bazowych, jest dość powszechną praktyką, szczególnie w Alpach (np. linia Udine-Villach, *Brennerbahn*, czy *Gotthard-Basistunnel*). Mają one znaczenie raczej dla ułatwienia przewozów towarowych i zwiększenia



7. Linie transapenińskie między Bolonią i Florencją
Rys. autora na podkładzie OpenStreetMap



8. Fragment dwóch linii różnych generacji łączących Czengdu i Czunkin; przekroczenie gór Dalou-Shan
Openstreetmap

przepustowości, ale, bez obustronnego doprowadzenia linii KDP, niewiele się liczą dla ruchu pasażerskiego na dalsze dystanse. Jest to jednak mało racjonalne, dopóki nie ograniczy się intensywnego ruchu towarowego, pozostawiając go na starej trasie – o ile ona wciąż istnieje. Zresztą, alpejskie usprawnienia wciąż są niepełne: o ile nowy tunel pod Brennerem przyspieszy przejazd na południu trasy, o tyle powiązanie z Innsbrucka z Monachium bez budowy kolejnego tunelu bazowego wciąż będzie się charakteryzować 70-procentowym wydłużeniem niezbyt szybkiej trasy istniejącej.

Tych dylematów nie było w Japonii, kiedy budowano długi tunel dla Nagano Shinkansen, który pozwolił zlikwidować opisaną wyżej starą trasę przez przełęcz Usui (1997) – ponieważ w międzyczasie ruch towarowy zanikł na tyle, że można go kierować inną trasą. Tych dylematów nie ma też w Chinach, gdzie tunele dla KDP stanowią już w pełni wykształcony system, który w Europie miałby skalę kontynentalną. Dajemy tu ilustrację zdwojenia linii kolejowych łączących Czengdu i Czunkin dodać (il. 8), z których jedna, jednotorowa, pochodzi z 1952 r., a druga, dwutorowa na 350 km/h – z 2015 r.

Warto też zauważyć, że nawet w krajach, gdzie sieć kolejowa rozwinęła się znakomicie albo dość dobrze, w wielu miejscach góry wciąż stanowiły niepokonaną barierę, albo pokonaną, ale z mitręgą nadłożenia drogi – i to niekiedy nawet w przypadku masywu wzgórz raczej, niż gór (casus węgierskiego Pécsu albo wyjazdu z Budapesztu na północ, czy z Krakowa na południe). W Alpach nie było i wciąż nie ma, prócz wspomnianej linii Innsbruck–Monachium, także bezpośredniej linii z Genewy do Lyonu. Wyjazd z Nowego Jorku na zachodnie rubieże stanu wcale nie był i wciąż nie jest najlepszy w kierunku północno-zachodnim, przez teren górzysty, ale z nadłożeniem drogi wzdłuż doliny Hudsonu i pradoliny, którą kiedyś poprowadzono kanał Erie. Tędy wiodła trasa kolei *New York Central*, jednej z najbardziej zyskowych w kraju, natomiast *Erie RR*, konkurencja, która jeździła bardziej bezpośrednio, kilkakrotnie bankrutowała. Podobnie wyjazd z Los Angeles na północ, gdzie trzeba wspiąć się na płaskowyż, by potem zejść do doliny kalifornijskiej pokonując jakieś 1000 m przewyższeń wymagał bardzo wydłużonej linii kolejowej (1876, *Southern Pacific RR*). Tylko równoległa autostrada wiedzie niemal na wprost, osiągając 1263 m na górskiej przełęczy. Co ciekawe, planowana KDP na tej trasie również ma przebieg dość wydłużony. Kolei niejednokrotnie brakuje lub mają one wydłużone trasy - tylko drogi budowane później będą bardziej na wprost.

Innym przykładem współczesnego meandrowania umożliwiające uniknięcie dłuższych tuneli górskich jest wyprowadzenie KDP z Barcelony w kierunku Leridy (2008). W rezultacie trasa jest dłuższa o ok. 20% (dodatkowo ok. 6 minut jazdy). Jest to wielki kontrast w stosunku do linii łączącej Shenzhen z Hongkongiem, którą zbudowano w całości w tunelu, długim na 37 km (2018), przechodzącym zarówno pod intensywną urbanizacją, jak i górami.

Oczywiście trasy górskie to również linie biegnące wzdłuż pasm. Należy do nich wczesna *Drautalbahn* i *Pustertalbahn* z Mariboru (Marburga) przez Klagenfurt, Villach, Lienz do Franzensfeste na *Brennerbahn* w południowym Tyrolu, ukończona w 1871 r. (*k.k. priv. Südbahn*). Kolej ta biegnie na dużych wysokościach alpejskich, sięgających w Dolomitach 1210 m n.p.m. Do tras górskich można do pewnego stopnia zaliczyć szereg linii wzdłuż wybrzeża śródziemnomorskiego, na czele z trasą La Spezia–Genua, ukończoną w 1874 r. przez prywatny zarząd *Società ferroviaria dell'Alta Italia* (jak wiele innych kolei epoki, związany z domem bankowym Rotschildów). Trudności, które sprawiał ten odcinek, były ogromne ze względu na skomplikowane ukształtowanie górskiego wybrzeża, konieczność budowy długich tuneli i galerii, niedostępność linii od lądu, kaprysy morza i pogody. Na 44 km wschodniej części trasy, 28 km znalazło się w tunelach, a 23 mosty mają łączną długość kilometra. Poniesione koszty z pewnością przyczyniły się do finansowego upadku przedsiębiorstwa. Już w 1878 r. kolej została zakupiona przez państwo. Jednotorową linię zdublowano do 1970 r.¹⁵

Trudno w to uwierzyć, ale wybrzeża hiszpańskie wciąż czekają na swoje koleje, zaś dopiero w naszych czasach powstały linie łączące miasta nadmorskie w Indiach i w Chinach. *Konkan Railway*, ukończoną w 1998 r. wychodzącą z Bombaju na południe



9. Fragment Konkan Railway na zachodnim wybrzeżu Indii
Google Earth



10. Fragment Wēnfú tiělù na wschodnim wybrzeżu Chin z widoczną przeprawą wiaduktową przez zatokę koło Ningde
Google Earth

wzdłuż zachodniego wybrzeża Indii, technologicznie dzieli przepaść od linii KDP między Ningbo, Fuzhou i Shenzhen, ukończonej w 2013 r. na wschodnim wybrzeżu Chin. Ta pierwsza, jednotorowa, dostosowuje się w bardziej tradycyjny sposób do rzeźby terenu (11,3% trasy w tunelach). Umożliwia to jazdę z prędkością 120 km/h (projekt: 160 km/h?), co daje efektywną prędkość najwyższej rzędu 60 km/h, zważywszy też na znaczne wydłużenie trasy (il. 9). Ten bardzo ambitny projekt kolei indyjskich od początku charakteryzował się zawodnością i wrażliwością na zniszczenia wywołane ekstremalną pogodą i niestabilnością gruntów¹⁶. Druga kolej zaś, dwutorowa, przy maksymalnej prędkości 200 km/h (projektowane 250 km/h), pozwala łączyć miasta z efektywną prędkością powyżej 130 km/h – co i tak należy uznać za tempo dość umiarkowane (il. 15). Trasa ta, prowadzona tunelami i wiaduktami (na odcinku Wenzhou-Fuzhou 78% długości), ma minimalny promień łuku 4,5 km, ale maksymalne nachylenie podłużne – nawet 6%¹⁷.

Pokonywanie przeszkód wodnych

Rozbudowa kolei stanowiła też silny bodziec do rozwoju **techniki mostowej**. Przeszkody wodne długo jednak stanowiły poważną trudność, nieraz opóźniającą pełne oddanie linii do eksploatacji. Jeśli można było, wykorzystywano wcześniej istniejące mosty drogowe. Kolej *Camden & Amboy* kupiła taki most pod Trenton (w stanie New Jersey), sam w sobie ważne dokonanie techniczne z pocz. XIX w., tylko po to, aby uprzedzić lepiej umiejscowioną konkurencję. Tym ją osłabiła, następnie przejęła, a w końcu sama wykorzystwała ów most dla przedłużenia już teraz własnej trasy. Wykorzystanie dużych dzieł inżynierii drogowej zdarzało się jednak rzadko, ponieważ ich prawie nie było, bo dopiero koleje były skutecznym bodźcem do budowy stałych przepraw przez większe rzeki.

Pierwsze **mosty** zwykle miały przęsła drewniane, na łukach wielowarstwowych (należał do nich most w Trenton, il. 13). I.K. Brunel posługiwał się chętnie podparciem w formie mieczy zamocowanych wachlarzowo na murowanych filarach. Przestrzenne skratowanie drewniane różnych postaci stosowano długo w USA, przede wszystkim przy przekraczaniu dolin górskich. Jeszcze w 1904 r. użyto tej formy konstrukcji do budowy skrótu przez Wielkie Jezioro Stone, pozwalającego zaoszczędzić 71 km jazdy. Przetrwała jednak ta budowla tylko 46 lat, po czym zamieniono ją na groblę, istniejącą do dzisiaj.

Na dużą skalę stosowano też mosty łukowe ceglane lub kamienne. Najwcześniejsze, jeśli były dłuższe, to składały się z sekwencji przęseł umiarkowanej rozpiętości. Wyjątkowe wczesne dzieło tego typu powstało przez lagunę wenecką (1846, il. 11). Wśród licznych mostów i wiaduktów Brytanii warto wskazać na Royal Border Bridge w Berwick-upon-Tweed (1850). Późniejsze mosty murowane często miały przęsło znaczniejszej rozpiętości. Kamienny most w Jaremczu w Karpatach z 1895 r., polski wkład w rozwój inżynierii kolejowej, miał je przez jakiś czas rekordowe na świecie: 65 m.

Mosty żelazne pojawiły się najwcześniej w Brytanii, projektowane przez lub pod nadzorem Stephensonów (najstarszy z 1825 r. stoi dziś w muzeum kolei w Yorku¹⁸). Zdarzały się wśród nich katastrofy, jak te wynikające z nieznamośności właściwości żeliwa (Dee Bridge pod Chester, 1847) albo z niedostatecznych stężeń wiatrowych (Tay Bridge, 1879). Od 1855 r. zaczęto też stosować mosty wiszące (pionierski na granicy USA i Kanady w Niagara Falls), ale pozostały one na kolejach bardzo wyjątkowe. Postęp

statyki pozwalał na oszczędne gospodarowanie materiałem, co, wraz z postępem metalurgii i rozwojem gospodarczym, mosty żelazne, a później stalowe, upowszechniło na świecie. Ilustrują go do pewnego stopnia kolejne fazy przebudów mostu w Tczewie. Dla przekroczenia dróg wodnych wymagających dużego światła, udoskonalano mosty zwodzone, na kolejach najczęściej obrotowe. Te z horyzontalnie unoszonym przęsłem wydają się rozwiązaniem stosunkowo najpóźniejszym. Wyjątkowy jest natomiast stały, wysoki most na Kanale Kilońskim w Rendsburgu w Niemczech, wymagający obustronnie długich ramp podjazdowych (jedna spiralna), który ukończono w 1913 r. (il. 15). Poziom jezdny mostu jest jednocześnie torem dla gondoli drogowego promu podwieszanego.

Przejście kolei przez deltę Renu i Mozy, dokonane w l. 1866-78 przez *Staatsspoor* stanowi niewątpliwie jedno z najwybitniejszych osiągnięć dojrzewającej inżynierii kolejowej. Obejmowało ono budowę szeregu mostów, na czele z Moerdijkbrug przez Holands Diep (1872, il. 14) i kilkoma zwodzonymi, oraz przejście przez śródmieście Rotterdamu na stalowym wiadukcie (1878). Otwarcie linii oznaczało połączenie z południem kraju, a także z Belgią i Francją, systemu kolejowego Holandii, budowanego dość powoli od końca lat trzydziestych.

Warto też odnotować próby pokonania cieśnin morskich, obie w jakimś sensie nieudane. Chodzi tu o kolej z Florydy do Key West, długości ponad 200 km, która istniała od 1912 r. i została zniszczona przez huragan w 1935 r. (dzisiaj jest tam droga). Drugim takim przedsięwzięciem, nieskończonym, była kolej między Indiami i Cejlonem, z podejściami oddanymi w 1914 r. Przeprawa mostowa przez oś cieśniny nigdy jednak nie powstała, choć wciąż jest w wizjonerskich planach.

Mimo technicznego opanowania przepraw mostowych, ich budowa mogła stanowić barierę jeszcze w XX w. Na przykład połączenia kolejowego przez Jangcy w Wuhanie Chiny doczekały się dopiero w 1957 r., a w Nankinie w 1968 r., zaś Bangladesz, kolei przez główne ramię Brahmaputry – jeszcze później, bo w 1998 r. Wszystko to są już mosty drogowo-kolejowe.

W trzeciej ćwiertci XX w. wybitne mosty to niemal wyłącznie przeprawy drogowe. Rezygnowano z kolei nawet gdy chodziło o obsługę aglomeracji. Przykładem może być likwidacja torów na San Francisco Bay Bridge (1958, budowa mostu: 1936). Budowa tylko drogowego Verazzano-Narrows Bridge pod Brooklynem (otwarcie 1964) położyła ostatecznie kres planom przedłużenia linii miejskiego metra (od 1923). Czasami budowę kolei odkła-



11. Most kolejowy przez Lagunę Wenecką z 1846 r. Został on rozbudowany do czterech torów w latach siedemdziesiątych XX w. Wcześniej, w latach trzydziestych, poszerzono go o czteropasmową drogę pocztówką, ~1910; PD, WikiComm



12. Britannia Bridge, Chester & Holyhead Rly., 1850
Der Weltverkehr und seine Mittel, 1. Teil, jako Das Buch der Erfindungen, 9. Bd., Otto Spamer, Leipzig, 1901
 kolekcja: Claude Shoshany; WikiComm, PD



13. Pociąg Pennsylvania Railroad na drogowo-kolejowym moście na rzece Delaware pod Trenton, pierwszym żelaznym, który w 1875 r. zastąpił drewniany z 1804 r
William B. Sipes, The Pennsylvania Railroad: Its Origin, Construction, Condition, and Connections, Pennsylvania Railroad Co., Philadelphia, 1875; PD, WikiComm



14. Jednotorowy most kolejowy przez Hollandsch Diep z 1872 r. Częściowo zniszczony w 1944 r., został zastąpiony nowym na początku lat pięćdziesiątych. W 2005 r. dodano nieopodal wyższy most dla KDP pocztówka; PD, WikiComm

dano *ad calendae graecas*. Otwarty w 1966 r. Most Salazara w Lizbonie (obecnie 25 de Abril), mający połączyć północ sieci kolejowej kraju z południem, doczekał się pociągów dopiero w 1999 r., i to raczej ze względu na wymogi ruchu aglomeracyjnego, niż kolejową spójność kraju.

Dzisiaj inżynieria chińska w dziedzinie budowy linii transportowych jest już wiodąca na świecie. Chińskie linie KDP z początku XXI w. są często nieprzerwanym pasmem tuneli, wiaduktów i mostów, w tym takich, które pokonują zatoki. Dla ułatwienia budowy na wielką skalę zastosowano prefabrykację typowych elementów konstrukcyjnych. Najdłuższy z wiaduktów na linii CRH Pekin-Szanghaj, Danyang-Kunshan, ma 164 km i jest od ukończenia w 2010 r. najdłuższym wiaduktem na świecie. Pod Suzhou pokonuje on kilka km jeziora, kompletnie jakby ignorując układ linii brzegowej. Obecnie rozpoczęła się budowa mostu przez Zatokę Hangzhou, długości ponad 25 km (ok. 17 km nad wodą), który zasadniczo skróci drogę między Szanghajem a Ningbo¹⁹. Będzie to już drugi most przez tę zatokę, pierwszy, znacznie dłuższy, służy drodze. Nie wiadomo jeszcze, jaką trwałość będą miały te odważne żelbetowe konstrukcje, narażone na ekstremalnie zmienne warunki pogodowe i pływy należące do największych na świecie. Założenie jest, że przetrwają wiek.

Tunele podwodne zaczynają znowu Brytyjczycy, stosując je tam, gdzie wymagane jest duże światło dla nawigacji statków. W 1869 r. kolej przejęła tunel Wapping-Rotherhithe w Londynie istniejący od 1843 r., zbudowany wielkim wysiłkiem jako drogowy, wedle pionierskiej technologii tarczowej (Marc I. Brunel, Thomas Cochrane). W 1886 r. nastąpiło otwarcie Severn Tunnel, długości 7 km na linii między Londynem i południową Walią (GWR). W tym samym roku otwarto też tunel pod rzeką Mersey w Liverpoolu (Mersey Rly., il. 16). Wówczas jeździły nimi jeszcze parowozy. Na szerszą skalę tunele podwodne zaczęto budować po opanowaniu trakcji elektrycznej. Pionierskie są tunele północnoamerykańskie: St Clair Tunnel (Port Huron-Sarnia, Great Trunk RR, 1908), Detroit-Windsor (Michigan Central RR, 1910), doprowadzenie do nowego dworca na Manhattanie (Pennsylvania RR, 1910).

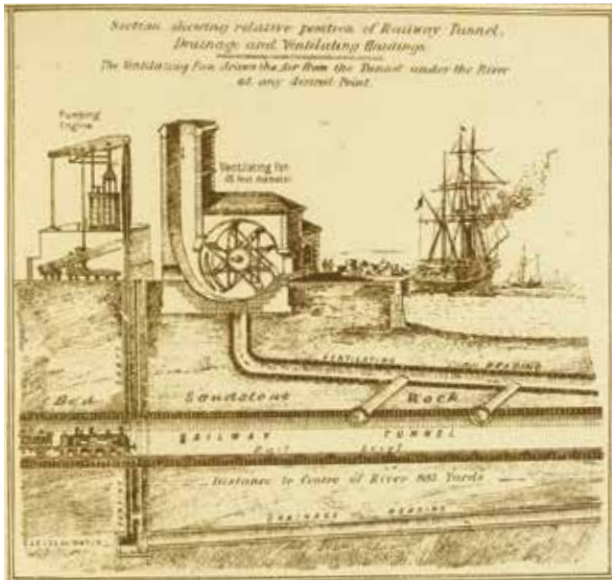
Po okresie stagnacji z trzeciej ćwierci XX-wieku kolej znowu stała się odważna. W aglomeracjach zostało to wymuszone coraz bardziej widoczną nieprawnością systemów opartych na sieci drogowej. Po 16 latach od skasowania kolei na San Francisco Bay Bridge oddaje się do użytku długi tunel podwodny dla pociągów aglomeracyjnych BART (1974), liczący 5,8 km. Tunel kolejowy Marmaray pod Bosforem powstaje dopiero 40 lat po otwarciu



15. Rendsburger Hochbrücke. Widoczna gondola promu
 fot.: Eduard47, 2015, CC BY-SA 4.0, WikiComm

Tab. 2. Wybrane mosty i wiadukty kolejowe

otwarcie, kraj	nazwa (rzeka) zarząd kolejowy	długość całk. (max rozp.)	konstrukcja liczba torów	projektant, wytwórca; dalsze losy budowli
1839 Saksonia	Elbebrücke Riesa <i>Leipzig-Dresdner Eisenbahn-Cie.</i>	340m (32m)	łuki drewniane na filarach kamiennych 1 tor + droga	1874-75 część. przebudowa; 1876 zniszczony powodzią; 1878 zastąpiony nowym
1846 [AT] IT	Ponte sulla Laguna, Wenecja <i>k.k. priv. Lombardisch-venetianische Ferdinandsbahn</i>	3605m (10m)	łuki i filary ceglane 2 tory (obecnie 4 tory)	Tommaso Meduna Giovanni Milani Luigi Duodo
1850 UK	Royal Border Bridge (rz. Tweed) <i>York, Newcastle and Berwick Rly. Co.</i>	659m (18m)	łuki i filary ceglane 2 tory	Thomas E. Harrison f-ma Robert Stephenson
1850 UK	Britannia Bridge (cieśn. Menai) <i>Chester & Holyhead Rly. Co.</i>	461m (140m)	belka tubularna, blachownicowa, żelazo, pylony murywane 2 tory	William Fairburn f-ma Robert Stephenson; 1970-72 przebudowany
1855 CA US	Niagara Suspension Bridge (rz. Niagara) <i>Great Western Rly., New York Central RR, New York and Erie RR</i>	(251m)	wiszący, żelazno-drewn., 2-poziomowy, kolej na górze 1 tor + droga	Charles Ellet, Jr. John A. Roebling, 1893 zastąpiony nowym
1858 HU	Szegedi vasúti Tisza-híd <i>k.k.priv. österreichische Staatseisenbahn-Ges.</i>	439m (41m)	łukowy kratownicowy, żelazo 2 tory	Ernest Cézanne f-ma Ernest Gouin et Cie, 1944: zniszczony
1859 UK	Royal Albert Bridge Saltash (rz. Tamar) <i>Great Western Rly. Co</i>	667 m (139m)	kratownice soczewkowe, żelazo 1 tor	Isambard K. Brunel
1859 Prusy	Dombrücke, Kolonia (rz. Ren) <i>Cöln-Mindener Eisenbahn-Ges</i>	688m (103m)	kratownice Towna, żelazo 2 tory + droga	Carl Lentze; 1911: zastąpiony nowym
1872 NL	Moerdijkbrug (rz. Hollandsch Diep) <i>Staatsspoorwegen</i>	1040m (104m)	kratownice żelazna z łukowym pasem górnym 1 tor	f-ma Koninklijke Van Vlissingen & Dudok van Heel, 1944 zbombardowany, 1955 zastąpiony nowym
1874 US	Eads Bridge, St Louis (rz. Mississippi) <i>Illinois and St Louis Bridge Co.</i>	1964m (158m)	łuk kratowy dołem; jazda w 2 poziomach; pionierski most stalowy 2 tory + droga	James B. Eads; 1970te: zanik ruchu kolejowego; 1993 tramwaj
1877PT	Ponte de D. Maria Pia, Porto (rz. Duero) <i>Companhia Real dos Caminhos de Ferro Portugueses S.A.R.L.</i>	353m (160m)	łuk dwuprzegubowy, kratownicowy, żelazo 1 tor	Théophile Seyrig f-ma Gustave Eiffel
1885 NL	Hembrug (Noordzeekanal) <i>Hollandsche IJzeren Spoorweg-Mij</i>		most obrotowy; kratownicowo-blachownicowy 2 tory	1907: zastąpiony nowym, większym; obecnie tunel
1890 UK	Forth Bridge <i>North British Rly. Co.</i>	2529m (158m)	most wspornikowy, kratownicowy, stal 2 tory	Benjamin Baker John Fowler
1895 [AT] PL	Jaremcze (Prut) <i>kkStB</i>	205m (65m)	most łukowy, kamienny 1 tor	Stanisław Rawicz Kosiński zburzony 1917 i odbudowany, zburzony 1944
1903 FR	Viaduc du Viaur (rz. Viaur) <i>Cie. des Chemins de fer du Midi</i>	460m (220m)	kratownicowy, dwuwspornikowy z przegubem, stal 1 tor	Paul Bodin Société de Construction des Batignolles
1904 US	Lucin Cutoff (Wielkie Jez. Stone) <i>Southern Pacific Co.</i>	~19000m	drewniany wiadukt, skratowany 1 tor	1950 zastąpiony groblą kamienną
1913 DE	Rendsburger Hochbrücke (Kanał Kiloński) <i>Preußische Staatsbahn</i>	2486m (140m) światło 42m	wspornikowy, kratownicowy, jazda dołem 2 tory, jednocześnie prom podwieszony	f-ma C.H. Jucho f-ma Gutehoffnungshütte
1927NL	Koningshavenbrug „De Heff”, Rotterdam (rz. Moza) <i>Staatspoorwegen</i>	220m (53m)	most zwodzony, kratownicowy; przesłó wertykalnie przesuwne 2 tory	Zastąpił most obrotowy z 1879; Pieter Joosting, 1993: nieczynny, obecnie kolej w tunelu
1932AU	Sydney Harbour Bridge <i>New South Wales Government Railways</i>	1149m (503m)	łuk kratowy, stal 2 tory + droga	John Bradfield f-ma Dorman Long & Co. Ltd.
1998 BD	Bangabandhu Bridge (rz. Jamuna) <i>Bānlādēśa rēlā ōyē</i>	4630m (100m)	belkowy żelbetowy 1 tor + droga	f-ma T.Y. Lin International
2009CN	wiadukt nad zatoką koło Ningde <i>Zhōngguó tiēlù</i>	5700m (50m)	belkowy żelbetowy 2 tory	b.d.



16. Mersey Tunnel – drenaż i wentylacja
Mersey Railway Co., WikiComm, PD

pierwszego z trzech mostów drogowych (1973). Żeby jednak nie doszło do „nadmiernej” przewagi kolei w obrębie śródmieścia Stambułu, już w 2016 otwiera się równoległy tunel – drogowy.

Na sieci dalekobieżnej tunele łączyły w japońską wyspę Honsiu z Kiusiu (Shin-Kanmon, 1975²⁰) i Hokaido (Seikan, 1988; prawie 53,9 km), a ciąg mostów kolejowo-drogowych – z Siko-ku (1988). Tunel kolejowy łączył Francję z Anglią (Eurotunnel, 1993, „tylko” 50,5 km). Seikan i Eurotunnel są o tyle unikatowe, że nie towarzyszy im równoległe połączenie dla samochodów.

Długie przeprawy najnowszej generacji stanowią czasem kombinację tuneli i mostów. W ten sposób kolej i droga łączyły Szwecję, Wyspy Duńskie i Jutlandię (przeprawy przez Sund, 2000, i przez Wielki Bełt, 1997 – po 20 km). Ostatnio mostowe połączenie powstało między Krymem a Krajem Krasnojarskim (18 km, kolej powinna zacząć eksploatację w 2019 r.). Wciąż jednak czekamy na most między Kalabrią a Sycylią (4 km), a może i na tunele między Estonią i Finlandią (około 100 km), Marokiem i Hiszpanią (15 km). Jeśli staną się w końcu rzeczywistością, to czy będą dla kolei? 30 km mostu między Hongkongiem i Makau jest jednak dla tylko drogi...

Przypisy

¹ Claudine Cartier, Emmanuel de Roux, Georges Fessy, Patrimoine ferroviaire, Scala, SNCF, Paris, 2007, s. 32-51.

² Ang. Wikipedia, h.: Philadelphia and Columbia Railroad [X 2018].

³ G. Saelens, A. Liénard, Plan incliné de Liège, w: Rail et Traction, Bruxelles, No. 14, VIII/IX 1951

⁴ La ligne des Causses : face au risque de péril, quels possibles? na witrynie transportrail; URL: transportrail.canalblog.com/pages/la-ligne-des-causses-face-au-risque-de-peril-quels-possibles-/31796112.html [XII 2019].

⁵ Niem. Wikipedia, h. Narentabahn [III 2020]

⁶ Scaling the Ramparts of Brazil, w: Wonders of World Engineering, London, III 1937; URL: www.wondersofworldengineering.com/scalingramparts.html [I 2019]

⁷ E. Aoki, M. Imashiro, S. Kato, Y. Wakuda, A History of Japanese Railways 1872-1999, East Japan Railway Culture Foundation, Tokyo, 2000, s.64, 134.

⁸ Ang. Wikipedia, h.: Jammu–Baramulla line [X 2018].

⁹ Kompendium o kolejach alpejskich (bez przypisów): Amand von Schweiger-Lerchenfeld, Die Überschneung der Alpen, reprint oryg. z 1884; red. i rozszerzenie: Erhard Born, Steiger, Moers, 1984

¹⁰ Trasa: (Budziejowice–) Gaisbach-Wartberg–St. Valentin–Steyr–Selzthal–St. Michael–Villach–Tarvis–Lublana. Obecnie odcinki Gaisbach-Wartberg–St. Valentin i fragment za Tarvisio nie istnieją.

¹¹ Hermann H. Saitz, Tunnel der Welt, Welt der Tunnel, Transpress, Berlin (O), 1988, s. 44.

¹² Budowa rozpoczęta w 1856 r. przez zarząd Imperial-regia società privilegiata delle strade ferrate lombardo-venete e dell'Italia Centrale, związany z austriacko-francusko-brytyjskim kapitałem Rotschildów oraz z kapitałem włoskim. Ukończono ją już po wyparciu Austrii z Lombardii i Romanii (wtedy nazwa kolei brzmiała Società anonima delle strade ferrate della Lombardia e dell'Italia Centrale). Potem linia przejęta przez SFAI. Mario Lupano, Alessandra Dal Zoppo, Bologna, centrale delle correnti ferroviarie, w: Architettura ferroviaria in Italia. Ottocento, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2004, s. 367 nn.

¹³ Wł. Wikipedia, h.: Ferrovia Porrettana [XI 2018].

¹⁴ Pietro Lunardi, Progetto e costruzioni di gallerie, Hoepli Editore, Milano, 2010.

¹⁵ Wł. Wikipedia, h.: Ferrovia Genova-Pisa [XI 2018].

¹⁶ Jacek Wesołowski, Efektywna prędkość kolei na świecie na średnich dystansach na początku 2018 r., w: Technika Transportu Szynowego, Radom, 7-8/2018, s.nnn. Efektywna prędkość – tzn. prędkość liczona względem odległości w linii prostej między wybranymi miejscowościami.

¹⁷ Chiń. Wikipedia, h.: 温福铁路; ang. Wikipedia, h.: Konkan Railway [XI 2018], Promoting Low Carbon Transport in India. Framework for Infrastructure Asstes: A Case Study of Konkan Railways, UNEP Riso Centre, URL: . Niestety, nie udało się dotrzeć do danych technicznych kolei Konkan, ale źródła kartograficzne wydają się pokazywać, że promienie łuków mogą tam liczyć tylko ~1,5 km (zdarzają się i mniejsze).

¹⁸ Gaunless Bridge, niespełna 17 m długości. Martin Smith, British Railway Bridges & Viaducts, Ian Allan, Shepperton, 1994, s. 16-17

¹⁹ China Daily, 6 VI 2019, URL: www.chinadaily.com.cn [VII 2019].

²⁰ Data dotyczy drugiego tunelu kolejowego dla San'yō Shinkansen (Shin-Kanmon Tonneru, 18,7 km). Pierwszy tunel kolejowy między Honsiu i Kiusiu powstał jeszcze w 1942 r.

Autor:

Prof. dr hab. inż. arch. **Jacek Wesołowski** – Politechnika Łódzka. Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

Historical legacy in the form and performance of railway networks. (2) Overcoming terrain barriers

In this part of articles on the genesis of present railway networks we have made a selection of most important facts associated with building or rail networks across geographical barriers such as mountains, rivers and, which becomes increasingly common, lakes and coastal waters. Key conclusion is that despite enormous technological progress in construction of lines of almost every speed level, waters and contours can still remain serious obstacles in railway competitiveness even in the most affluent economies?

Keywords: history of rail network, main railways.