



Marek Graff

# Kolej zębata Štrba – Štrbské Pleso

905 951 + 405 951, stacja Štrbské Pleso, Słowacja (1.09.2005 r.).

Fot. Marek Graff

**Znajdująca się w słowackich Tatrach kolej zębata Štrba – Štrbské Pleso łączy dwie stacje: pierwszą, położoną przy linii magistralnej Bratislava – Žylina – Koszyce, i drugą przy Jeziorze Szczyrbskim, będącą jednocześnie stacją końcową TEŽ (sł. Tatranské elektrické železnice). Na trasie kolei zębatej Štrba – Štrbské Pleso znajduje się jedna stacja pośrednia – Tatranský Lieskovec.**

Początki tej kolei sięgają końca XIX w., gdy wraz ze wzrostem zainteresowania wyjazdami turystycznymi w Tatry pojawiła się konieczność sprawnego przewozu osób po okolicznych górskich miejscowościach. Całość ułatwiał fakt, że linia koszycko-bogumińska była już eksploatowana, zatem należało wybudować kilkukilometrowy odcinek kolei linowo-terenowej lub zębatej do Jeziora Szczyrbskiego, gdzie od 1885 r. funkcjonował ośrodek hotelowy wraz z kompleksem sanatoryjnym. Koncesję na budowę otrzymali hr. Józef Szentiványi oraz hr. Keglevichov, projektantem został Emil Várnai, a wykonawstwa prac podjęło się dwóch przedsiębiorców ze Spiskiej Nowej Wsi – Adolf Niedenthal i Zygmunt Kornhäuser. Budowę linii o długości 4,75 km ukończono po roku i przekazano do eksploatacji pod koniec lipca 1896 r. Zdecydowano się przyjąć tor o rozstawie 1000 mm wraz z zębatką systemu Struba. Maksymalne pochylenie na trasie było równe 127‰, a kolejka pokonywała różnicę wzniesień 454 m. Stacja na dolnym poziomie została zbudowana na północ od istniejącego dworca Štrba, a stację na poziomie górnym zbudowano jako drewnianą, z dwoma krótkimi torami i peronami. Wzdłuż trasy kolejki biegła droga kołowa, z którą sumarycznie krzyżowała się 17 razy, oraz jeden most o długości 2 m. Ogółem 3,289 km linii biegło po nasypach, a w wykopach – 1,460 km. Pierwsze pociągi były zestawione z parowozu prowadzącego maksymalnie dwa wagony. Ogółem pozyskano 2 parowozy z wiedeńskiej wytwórni Floridsdorf oraz 4 dwuosiove

wagony pasażerskie plus 2 dwuosiove wagony towarowe z budapeszteńskiej fabryki Ganz. Ze względu na bezpieczeństwo jazdy podczas jazdy pociągu pod górę lokomotywa zawsze pchała wagony, zatem w pierwszym wagonie musiała znajdować się osoba przekazująca sygnały od semaforów do maszynisty. Eksploatacja kolei zębatej Štrba – Štrbské Pleso w pierwotnej postaci zakończyła się w 1933 r., gdy została ona zastąpiona komunikacją autobusową. Stan ów trwał do 1970 r., gdy wraz z rozgrywanymi mistrzostwami świata w narciarstwie zdecydowano się tatrzańską kolej zębata zmodernizować. W maju 1968 r. przystąpiono do przebudowy, w tym do zmiany trakcji na elektryczną (linię zelektryfikowano napięciem 1,5 kV DC), a także zwiększono nachylenie toru do 150‰. Zmiany doczekała się także trasa, która została nieznacznie wydłużona do 4,78 km. Na poziomie dolnym kolejki zbudowano podstację zasilającą, a na górnym – znacznie większy od dotychczasowego dworzec dla pasażerów. Tabor zakupiono w szwajcarskich firmach Brown Bover – Baden, Wintherthur i SLM; były to 3 pociągi dwuwagonowe (wagon silnikowy i doczepny), 1 pług odśnieżny oraz 3 wagony towarowe.



905 951 + 405 951, stacja Štrba, Słowacja (1.09.2005 r.).

Fot. Marek Graff

## Opis techniczny

Pociąg zbudowany przez konsorcjum szwajcarskich producentów składa się z wagonu silnikowego z oraz wagonu doczepnego, przy czym oba wagony są wyposażone w kabinę sterowniczą. Pudło każdego z wagonów spoczywa na dwóch dwuosioowych wózkach i jest z nimi połączone za pośrednictwem czopów skrętu, jednocześnie przenoszących siły pociągowo-wzdłużne. W wagonie silnikowym znajdują się 2 silniki trakcyjne DC o mocy jednostkowej 167,5 kW, zamontowane w ramie głównej pojazdu i sztywno z nią połączone. Silniki przekazują moment obrotowy na wewnętrzne osie pojazdu w każdym wózku poprzez wał i przekładnię na koło zębate o średnicy 573 mm, zazębiające się z zębatką umieszczoną pomiędzy tokami szynowymi. Ze względu na specyfikę pracy i występujące znaczne pochylenia na trasie pociąg jest wyposażony w niezależne systemu hamulców:

- ❑ hamulec elektrodynamiczny o 27 stopniach (hamowanie silnikiem), będący hamulcem zasadniczym,
- ❑ hamulec wyposażony w zapadkę/zatrask, pełniący rolę hamulca postojowego,
- ❑ jedno koło zębate o średnicy 413 mm zamontowane w wagonie doczepnym na osi skrajnej; za pośrednictwem taśm połączone są z nim dwa hamulce pełniące rolę hamulców pomocniczych – ręczny i hydrauliczny.

Sumaryczna liczba miejsc siedzących i stojących dla pasażerów (w obu wagonach) jest równa – odpowiednio 124 i 126. Każdy wagon jest wyposażony w dwie pary dwuskrzydłowych drzwi umieszczonych po jednej stronie pojazdu, a przejście z jednego wagonu do drugiego jest możliwe poprzez łącznik pokryty brezentem. Ogrzewanie pojazdu jest oporowe, oświetlenie wnętrza – żarowe. Pociąg jest wyposażony w sprzęg typu GF. Do odbioru prądu służy symetryczny pantograf umieszczony na dachu wagonu silnikowego. Za utrzymanie pociągów odpowiada punkt naprawczo-przeładowy przy stacji Štrba, a większe naprawy są wykonywane w RD Poprad.



System Struba. Zębata z profili walcowanych z nafrezowanymi zębami. Wymiar zębów  $t = 100$  mm; odległość linia częściowa – główka szyny zmienna; odległość linia maksymalna – główka szyny zmienna.



Zębata systemu Struba, Štrbské Pleslo, Słowacja (17.09.2013 r.)  
Fot. Marek Graff

Tab. 1.  
Dane techniczne

Oznaczenie	ČSD 29.001-003/ ZSSK 405.951-953
Liczba jednostek	3
Producent	SLM, Winterthur, BBC, Baden (Szwajcaria)
Rok produkcji	1969
Układ osi:	(1A)'(A1)' + 2'2'
Szerokość toru	1 000 mm
Długość całkowita	33 200 mm
Wysokość	3 300 mm
Szerokość	2 654 mm
Masa całkowita	39 t
Maks./trwała siła pociągowa	147/80 kN
Prędkość maksymalna	
–po terenie płaskim	20–30 km/h
–po wzniesieniach	15 km/h
Rodzaj zasilania	z napowietrznej sieci trakcyjnej
Napięcie zasilania	1,5 kV DC
Liczba silników trakcyjnych	2
Moc sumaryczna	340 kW
Liczba miejsc dla pasażerów (siedzących/stojących)	124/126
Hamulce	elektrodynamiczny, hydrauliczny, ręczny i postojowy
System napędu zębatego	Struba

## Rodzaje systemów kolei zębatej

Obecnie jest stosowanych kilka rodzajów napędu zębatego (każdy z twórców był szwajcarskim inżynierem):

- ✱ system Struba opracowany przez Emila Struba w 1896 r. W tym systemie w zębatce stosuje się jeden rząd zębów umieszczonych pionowo. Koło zębate atakujące (w pojeździe) jest wyposażone w identyczne zęby, jak umieszczone w zębatce – w kształcie klina. System Struba nadaje się do stosowania na umiarkowanych spadkach, dla lekkiego ruchu;
- ✱ system Riggenbacha stworzony przez Niklausa Riggenbacha w 1863 r., składający się z zębataki o kształcie poziomej drabiny, tj. zębów o kształcie litery U; zęby w kole atakującym mają przekrój trapezowy. Głównym problemem jest wysoki koszt budowy i utrzymania w porównaniu z innymi systemami, a także konieczność stosowania specyficznych rozwiązań dla linii biegnącej po łukach czy budowania odcinków końcowych jako prostoliniowych. Za zaletę tego systemu należy uznać brak gromadzenia się śniegu w zębatce (wycięciach pomiędzy zębami). Wcześniej montaż zębów w zębatce był realizowany za pomocą nitów, obecnie stosuje się spawanie;



Zębata systemu „Nowy Strub”, Chamonix–Montanvers, Francja  
(25.04.2013 r.)  
Fot. Hans Hug



Zębatka systemu Struba, AB / Stoss, Szwajcaria (24.05.2008 r.) fot. Hans Hug



System Riggenbacha / Klose'go / Pauli'ego. Zębatka w kształcie drabiny wykonana ze stali walcowanej, a zęby w zębatce są połączone techniką spawania, wcześniej nitowania. Wymiar zębów  $t = 100$  mm; odległość linia częściowa – główka szyny zmienna; odległość linia maksymalna – główka szyny zmienna.



Zębatka systemu Riggenbacha, Rigi-Bahn, Szwajcaria (19.05.2009 r.) Fot. Hans Hug



Koło zębate i zębatka systemu Riggenbacha, Stansstad–Engelberg-Bahn, Szwajcaria (28.10.2010 r.) Fot. Hans Hug

☀ system Abty skonstruowany przez Romana Abta w 1882 r., który pracował początkowo dla Riggenbacha, by później założyć własne przedsiębiorstwo IGB produkujące – począwszy od 1885 r. – lokomotywy z napędem zębatym. Inspiracją dla R. Abty przy opracowywaniu nowego systemu kolei zębatej były m.in. ograniczenia systemu Riggenbacha, co zaowocowało zaprojektowaniem i wdrożeniem przezeń nowego systemu w 1882 r. System Abty jest wyposażony w podwójną zębatkę, przy czym oba rzędy zębów są przesunięte o pół fazy. Jest możliwe także zamontowanie trzech rzędów zębów dla bardzo trudnych profili tras czy pociągów o dużej masie (koło atakujące jest głęboko zaczeponie w zębatce w każdej fazie obrotu). System Riggenbacha – w porównaniu z systemem Abty – ma jedną zaletę: jest bardziej odporny na ścieranie. Jednak system Abty jest tańszy w budowie i eksploatacji, a także wymaga lżejszych zębatek i oferuje bardziej płynny bieg pociągu. Dodatkowo, elastyczne zawieszenie koła zębatego atakującego znacznie zmniejsza tarcie. Koło zębate w lokomotywie może być zamocowane na osi zestawu kołowego lub osi dodatkowej;

☀ system Lochera opracowany przez Edwarda Lochera, składający się z symetrycznej zębatki, atakowanej obustronnie przez dwa koła zębate obracające się w płaszczyźnie równoległej w stosunku do płaszczyzny torowiska. W porównaniu do niektórych systemów, np. Abty, stosowanie systemu Lochera pozwala na budowanie linii kolei zębatej na stokach o większych nachyleniach, odpowiednio 140‰ i 270‰. R. Abt, który opracował jeden z systemów kolei zębatej, także zauważył, iż słabą stroną opracowanego przez siebie systemu jest – w przypadku niedostatecznego docisku zębów koła atakującego do zębatki w torowisku – możliwość ześlizgnięcia się koła zębatego, co skutkuje katastrofą pociągu. W systemie Lochera obecność dwóch kół atakujących powoduje nie tylko bardziej spokojny bieg pociągu, ale także mniejsze prawdopodobieństwo np. wykolejenia pod wpływem silnego bocznego wiatru. Pionowe sworznie, na których są zamocowane koła zębate, umieszczone są symetrycznie w stosunku do zębatki toru oraz centralnie pod pojazdem. System ten, zapewniający bardzo dużą stabilność biegu pociągu, ma także poważne ograniczenia – budowa zwrotnic jest skomplikowana i wymaga ruchomych całych fragmentów toru (np. odwracania części łuku), poruszanych siłownikami o znacznej mocy. Z tego powodu system nie znalazł szerszego zastosowania, a obecnie jedyną koleją zębatą stosującą system Lochera jest Pilatusbahn w Szwajcarii, uruchomiona w 1889 r.

Poza tym opracowano inne systemy, a niektóre z nich stosuje się na znacznie większą skalę:

☐ system Morgana opracowany przez E. Morgana w 1900 r. w USA, zbliżony do systemu Riggenbacha, w którym dodatkowo zębatka pełniła rolę szyny zasilającej. Różnicą był także kształt zębów w kole atakującym zbliżony do walca, a zęby w zębatce miały postać wgłębień. Maksymalne pochylenie toru, na którym można było stosować ten system, nie przekraczało 160‰. System znalazł głównie zastosowanie w przemyśle i górnictwie;

☐ system Marsha opracowany w 1868 r. przez Sylvestra Marsha w USA, zbliżony do systemu Riggenbacha, przy czym rzędy walcowych zębów w zębatce ułożone prostopadle w stosunku do szyn były przymocowane do podłoża przy pomocy wygiętej blachy stalowej w kształcie litery L;

☐ system Lamella / Von Roll opracowany w Szwajcarii, zbliżony do systemu Abty; różnicą było zwiększenie odległości pomiędzy poszczególnymi zębami w zębatce. System ten jest kompatybilny z systemem Riggenbacha czy Struba. Większość kolei zębatych zbudowanych w XX w. zastosowała ten system;