

Mikołaj Bartłomiejczyk, Marcin Połom

Solarne tramwaje w Bad Schandau

Komunikacja tramwajowa jest powszechnie uważana za środek transportu przeznaczony do obsługi wielkich aglomeracji, gdzie pojawiają się znaczące potoki pasażerskie. Wyjątkiem potwierdzającym tę regułę jest sieć, a w zasadzie linia tramwajowa w Dolinie Kirnitzschtal. Bierze ona swój początek w małym, liczącym zaledwie 2,8 tys. mieszkańców, niemieckim, uzdrowiskowym miasteczku Bad Schandau, położonym obok granicy z Republiką Czeską. Poza swym unikalnym, „wiejskim” charakterem, oraz ponad czterdziestoletnim parkiem taborowym, tramwaje w Bad Schandau słyną także ze swego niezwykle ekologicznego charakteru. Tamtejsza sieć tramwajowa jest zasilana z elektrowni słonecznej.

Powstanie i stan obecny sieci tramwajowej

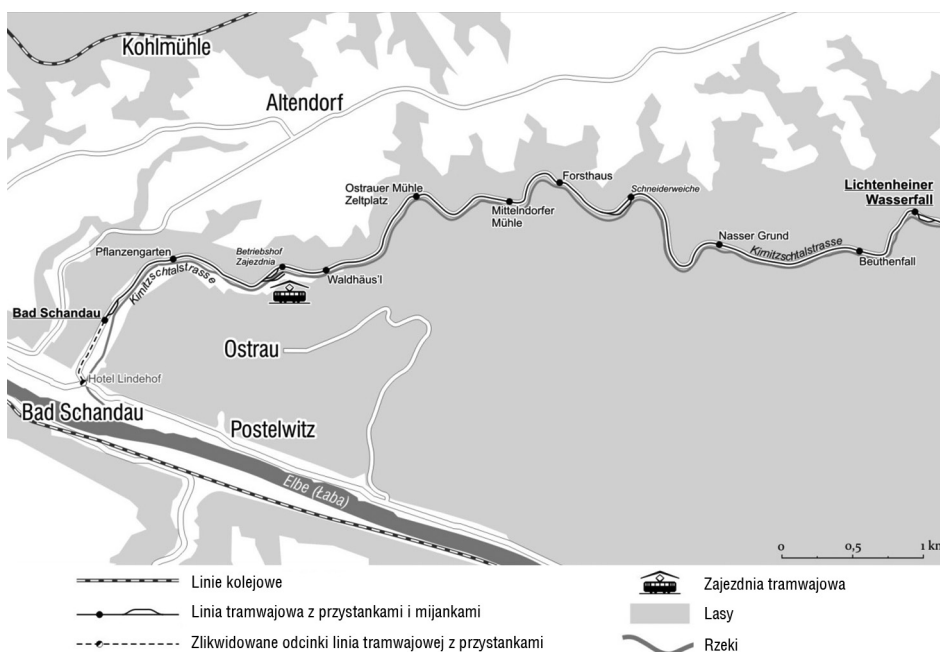
Pierwsza koncepcja budowy sieci tramwajowej powstała w latach 90. XIX w., gdy opracowano plan budowy wąskotorowej (1000 mm) linii kolei parowej, łączącej Bad Schandau z miejscowością Stimmersdorf (obecnie Mezná), leżącą w Czeskiej Szwajcarii. Trasa ta miała prowadzić okrężną drogą przez Neudorf i miała mieć długość ok. 40 km. Z przyczyn finansowych ostatecznie ograniczono te plany do budowy jedynie 8-kilometrowej linii z Bad Schandau do wodospadu Lichtenchainer, zdecydowano się jednak na zastosowanie na niej trakcji elektrycznej (rys. 1).

Komunikację tramwajową w Bad Schandau uruchomiono w 1898 r. Do obsługi linii zakupiono początkowo 6 wagonów motorowych z Waggonfabrik W.C.F. Busch i wyposażeniem elektrycznym Schuckert & Co, oraz 6 wagonów doczepnych. Rok

później park taborowy powiększono o kolejny wagon silnikowy. Ze względu na swój turystyczny charakter, tramwaje w Bad Schandau od początku swego istnienia cieszyły się znaczną popularnością – w 1899 r. przewieziono 124 tys. pasażerów [1]. Linia tramwajowa rozpoczynała się w Bad Schandau po wschodniej stronie Łaby (linia i dworzec kolejowy znajdują się po zachodniej stronie), przy obecnym skrzyżowaniu ulic Rudolf-Sendig-Strasse i Bergmannstrasse, obok hotelu Lindenhof, po czym jej trasa wiodła przez parkową część miasta wzdłuż ulicy Kirnitzschtalstrasse, a po opuszczeniu granic miasta – wzdłuż rzeki Kirnitzsch aż do wodospadu Lichtenchainer. Cała trasa była jednotorowa, o szerokości 1000 mm, z sześcioma mijankami. Ciekawostką jest umiejscowienie torowiska tramwajowego na całej długości trasy w jezdni, po jednej (południowej) stronie ulicy. Ten nietypowy układ torowiska został do dziś zachowany. Aby pasażerowie nie musieli wysiadać na jezdnię, wszystkie przystanki zlokalizowane są po zewnętrznej stronie ulicy, a tramwaje wyposażone są w drzwi tylko z jednej strony (fot. 1).

Rok 1927 okazał się najbardziej tragiczny w historii Kirnitzschtalbahn. Wówczas to w zajezdni tramwajowej wybuchł pożar, który strawił cały park taborowy i zaplecze techniczne – ocalała jedynie przyległa podstacja i budynek mieszkalny. Pomimo ogromnych strat zdecydowano się na dalszą eksploatację. W tym celu wypożyczono 4 wagony motorowe, wraz z przyczepami, z Drezna. Rok później zakupiono 5 nowych tramwajów MAN/SSW. Plany likwidacji sieci w Bad Schandau pojawiły się w 1939 r., gdy opracowano projekt budowy linii trolejbusowej z dworca kolejowego Bad Schandau – przez centrum Bad Schandau i Hotel Lindenhof – do wodospadu Lichtenchainer. Wybuch drugiej wojny światowej pokrzyżował te plany i paradoksalnie uratował sieć tramwajową.

Kolejną ważną datą dla Kirnitzschtalbahn był 1963 r. Wówczas dokonano całkowitej modernizacji linii tramwajowej, zmniejszając liczbę mijanek z sześciu do dwóch. Ze względu na przebudowę układu drogowego, zlikwidowano wówczas początkowy odcinek trasy, długości 350 m, leżący przy hotelu Lindenhof. W latach 1978–1980 dokonano całkowitej wymiany parku taborowego, wprowadzając do eksploatacji używane tramwaje Gotha, pochodzące z Drezna, wyprodukowane w latach 1938–1942. Pierwsza połowa lat 90. XX w. przyniosła ze sobą kolejne zmiany: odnowiono park taborowy poprzez wprowadzenie do eksploatacji tramwajów Gotha, wyprodukowanych w latach 1957–1960, a także całkowicie zmodernizowano torowisko, zajezdnię oraz podstację trakcyjną. Ciekawostką była próbna eksploatacja niskopodłogowe-



Ryc. 1. Schemat sieci tramwajowej w Bad Schandau

Autor: M. Beister

go tramwaju MGT 6D w 1993 r. – był to najnowszy pojazd, jaki kiedykolwiek pojawił się na Kirnitzschtalbahnen.

Sieć tramwajowa doznała poważnych uszkodzeń podczas powodzi w 2010 r., między innymi pod wodą znalazła się wówczas zajezdnia tramwajowa oraz zostało podmyte torowisko na kilku odcinkach. Skutkiem zniszczeń powodziowych, na czas remontu, zamknięto końcowy, 500-metrowy fragment trasy.

Obecnie (2011 r.) w parku taborowym Kirnitzschtalbahnen znajduje się 5 motorowych tramwajów Gotha, wyprodukowanych w latach 1957–1960, oraz 6 wagonów doczepnych. Bogaty jest także park pojazdów historycznych, na który składają się 3 wagony motorowe i jeden doczepny (tab. 1, 2). W sezonie letnim, od marca do listopada, tramwaje kursują w godzinach od 7.25 do 20.54 z 30-minutową częstotliwością, a do obsługi wykorzystywane są 3 składy złożone z wagonu motorowego i jednej lub dwóch przyczep. W sezonie zimowym ruch zapewnia tylko jeden wagon, kursujący co 70 min w godzinach 7.25–16.46. Cała linia jest jednotorowa, w związku z tym ruch tramwajów odbywa się za pomocą tzw. berła – znaku „sztafety”, który przekazują sobie motorniczowie na mijankach.

Tabela 1

Spis wagonów motorowych Kirnitzschtalbahnen

Numery taborowe	Rok produkcji	Rok eksploatacji na Kirnitzschtalbahnen		Producent	Uwagi
		rozpoczęcia	zakończenia		
1–6	1898	1898	1927	Busch/Schuckert	Spalone
7	1899	1906	1927	Kummer	Spalony
8–9	1926	1926	1927	Womag	Spalone
1565, 1566, 1568, 1575	1899	1927	1927	Drezno/AEG	Pożyczone z Drezna
1	1928	1928	1973–1979	MAN/SSW	5 ^{II} jako historyczny
6	1938–1942	1978–1980	1992–1995	Gotha/AEG	Z Drezna, 8 ^{II} jako historyczny
9	1925	1979		Busch/Niedersedlitz	Historyczny
1	1957–1960	1993–2003		Gotha/LEW	Z Plauen, Zwickau, Jena

Tabela 2

Spis wagonów doczepnych Kirnitzschtalbahnen

Numery taborowe	Rok produkcji	Rok eksploatacji na Kirnitzschtalbahnen		Producent	Uwagi
		rozpoczęcia	zakończenia		
21–26	1898	1898	1927	Busch	Spalone
441, 442, 445, 446	1890	1927	1927	Herbrand	Pożyczone z Drezna
11–16	1928	1928	1984–1987	MAN	12 jako historyczny
21	1963–1966	1985–1997		Gotha	z Lipska i Zwickau
26	1967	1996		ČKD	Z Zwickau

Interesującym obiektem jest także zajezdnia tramwajowa. Składa się ona z kilku sąsiadujących i połączonych ze sobą budynków: hali tramwajowej, warsztatu, podstacji trakcyjnej, budynku mieszkalnego oraz hali autobusowej. Na dachu hali tramwajowej znajduje się panel słoneczny.



Fot. 1. Od początku istnienia linii torowisko tramwajowe ułożone jest asymetrycznie w ulicy
Fot. M. Bartłomiejczyk



Fot. 2. Nieodłącznym elementem sieci są dwukierunkowe wagony Gotha
Fot. M. Bartłomiejczyk



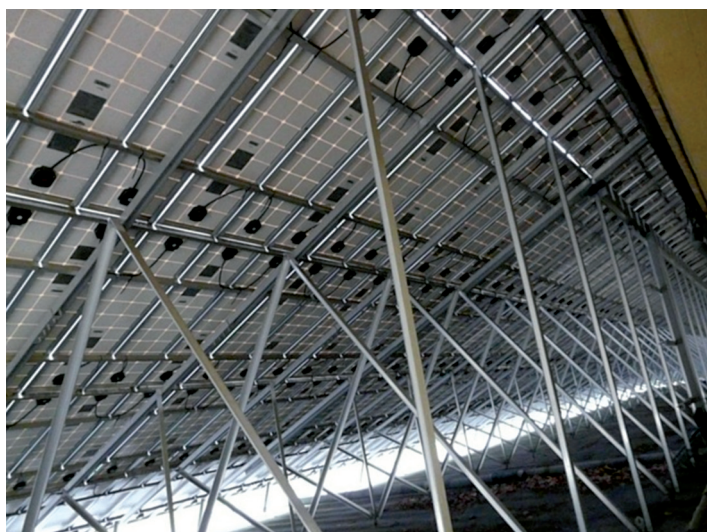
Fot. 3. Urokliwy końcowy fragment trasy, koło wodospadu Lichtenhainer; w 2011 r.; ze względu na zniszczenia popowodziowe, ten fragment linii pozostawał nadal nieczynny
Fot. M. Bartłomiejczyk



Fot. 4. Zajezdnia tramwajowa; widoczny jest jeden z historycznych pojazdów
Fot. M. Bartłomiejczyk



Fot. 5. Panel słoneczny umieszczony na dachu budynku zajezdni tramwajowej
Fot. M. Bartłomiejczyk



Fot. 6. Tylna część panelu słonecznego
Fot. M. Bartłomiejczyk

Solarny system zasilania

Wizytówką tramwajów w Bad Schandau jest solarny system zasilania sieci trakcyjnej. Był on elementem modernizacji linii tramwajowej, przeprowadzonej w 1993 r. Ze względu na odmienną charakterystykę czasową generacji energii z paneli solarnych od charakterystyki obciążenia trakcyjnego, początkowo planowano zastosowanie zasobników energii umożliwiających akumulację energii solarnej w przypadku braku obciążenia sieci trakcyjnej. Niemniej, ówczesny stan techniki uniemożliwiał efektywne gromadzenie energii, skutkiem czego zdecydowano się na zastosowanie równoległego, powszechnie stosowanego w instalacjach solarnych, buforowego układu zasilania sieć energetyczna – baterie słoneczne.

Głównym elementem solarnego układu zasilania jest panel słoneczny o powierzchni 325 m² i mocy 40,1 kW, umieszczony na dachu zajezdni tramwajowej (fot. 5, 6, rys. 2). Wytwarza on napięcie o wartości nominalnej 313,2 V DC, które następnie jest konwertowane do prądu przemiennego za pomocą sześciu falowników pracujących równolegle i po podwyższeniu transformatorem do wartości 525 V AC, podawane na wtórne uzwojenie transformatora trakcyjnego podstacji trakcyjnej. W stanie normalnym (gdy energia jest pobierana przez tramwaje) energia solarna służy do zasilania tramwajowej sieci trakcyjnej, natomiast w przypadku braku odbiorów trakcyjnych oddawana jest ona do publicznej sieci energetycznej poprzez transformator trakcyjny podstacji. Podstawowe dane systemu solarnego przedstawiono w tabeli 3.

Podstacja trakcyjna wyposażona jest także w standardowe elementy dla tego typu obiektów: transformator zespołu prostownikowego o mocy 900 kVA z uzwojeniem potrzeb własnych o mocy 100 kVA, prostownik trakcyjny oraz rozdzielnicę prądu stałego z dwoma polami zasilaczy i polem wyłącznika rezerwowego. Sieć trakcyjna podzielona jest na dwa odcinki zasilania, granica między nimi znajduje się przy zajezdni.

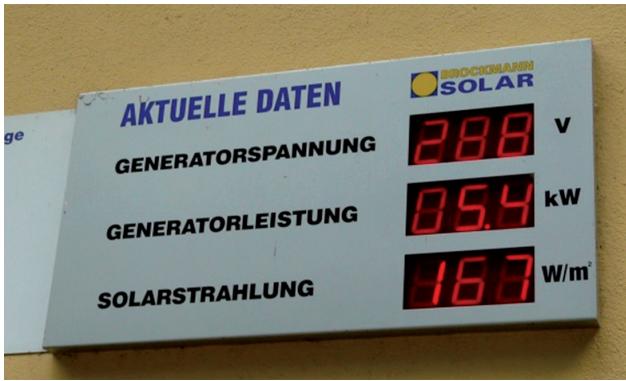
Tabela 3

Podstawowe dane systemu solarnego [2]

Kąt nachylenia panelu słonecznego	37°
Liczba modułów panelu słonecznego	42 × 18 = 756
Wymiary baterii słonecznej	36 × 9,1 m = 325 m ²
Napięcie znamionowe modułu	17,4 V
Napięcie znamionowe całej baterii	313,2 V
Sposób połączenia modułów	42 szeregowo × 18 równoległe
Moc maksymalna	40,1 kW

Na rysunku 3 przedstawiono bilans energetyczny sieci tramwajowej w Bad Schandau w 2005 r. Jako zużycie całkowite rozumie się łączny pobór energii na cele trakcyjne oraz zasilanie zajezdni i warsztatów tramwajowych. Średni roczny udział energii pochodzącej z paneli słonecznych w całkowitym zużyciu wyniósł 25%, największy miesięczny udział energii solarnej zanotowano w czerwcu – 41%. Niewielka produkcja energii solarnej w miesiącach zimowych wynika z lokalizacji zajezdni – znajduje się ona w dolinie, do której od listopada do lutego nie dociera bezpośrednie światło słoneczne. Na rysunku 4 pokazano bilans energetyczny w latach 1997–2010. Największy roczny udział zasilania solarnego podczas pełnej pracy przewozowej był w 2000 r. i wyniósł 48%. Średni udział energii solarnej w latach 1997–2010 był na poziomie 25%.

Na ścianie budynku zajezdni znajduje się wyświetlacz (fot. 7) prezentujący aktualne parametry pracy modułu solarnego. Zdję-



Fot. 7. Wyświetlacz ukazujący aktualne parametry pracy elektrowni słonecznej (napięcie ogniów, moc generowaną oraz natężenie światła)

Fot. M. Bartłomiejczyk

cie wykonano w deszczowy dzień, w związku z czym generowana była wówczas nieznaczna moc (5,4 kW).

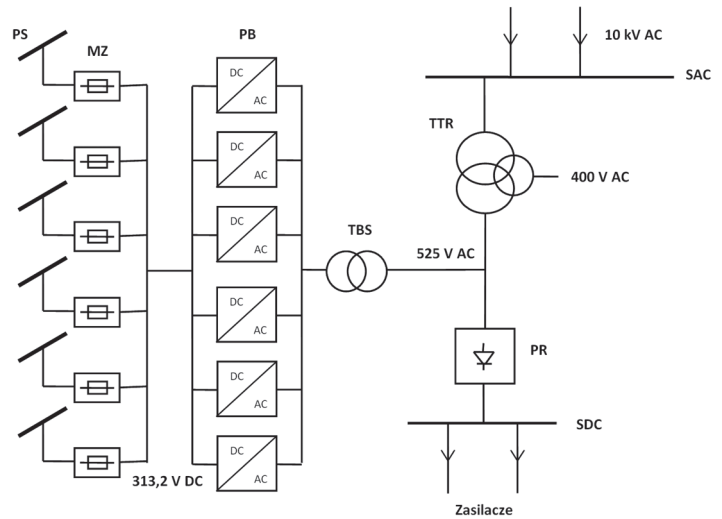
Podsumowanie

System tramwajowy w Bad Schandau jest bardzo dobrym przykładem zastosowania ekologicznego środka transportu w miejscowości uzdrowskiej, który jednocześnie pełni rolę atrakcji turystycznej i wizytówki miasta. Należy ubolewać, że władze jednego z największych polskich uzdrowisk – Zakopanego – nie biorą przykładu z takich miejscowości i zamiast proekologicznego, uregulowanego systemu komunikacyjnego są w stanie zaoferować jedynie komunikację minibusową w stylu ukraińskich „marszrutek”.



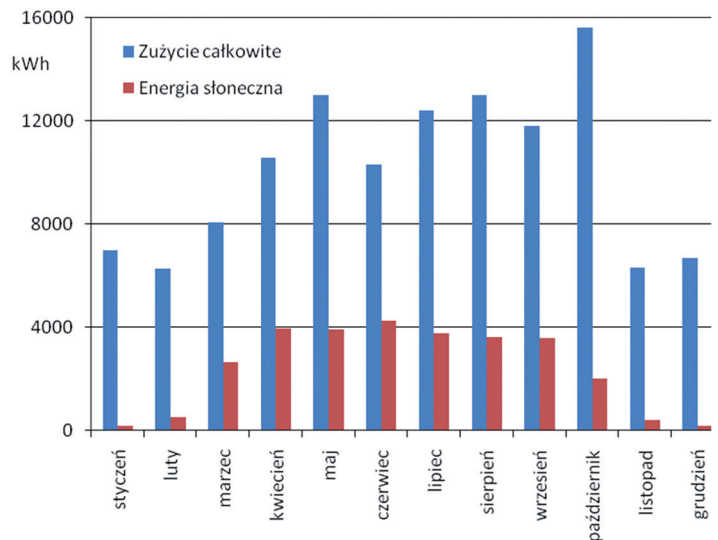
Literatura

- [1] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Kirnitzschtalbahnhof>
- [2] Henkel R.: *Die Kirnitzschtalbahnhof von 1898 bis 1998*. OVPS, Pirna 1998
- [3] <http://www.psmkms.krakow.pl/tramwaje/zagranica/bad.htm>

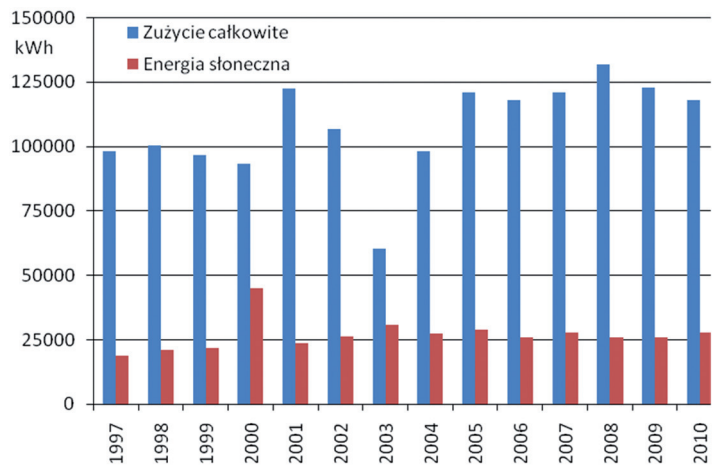


Ryc. 2. Uproszczony schemat solarnej podstacji trakcyjnej

PS – panele słoneczne, MZ – moduły zabezpieczeń, PB – przekształtniki (falowniki) baterii słonecznych, TBS – transformator baterii słonecznych, SAC – szyny średniego napięcia podstacji, SDC – szyny prądu stałego podstacji, TTR – transformator trakcyjny, PR – prostownik trakcyjny



Ryc. 3. Bilans energetyczny Kirnitschtalbahnhof w 2005 r.



Ryc. 4. Bilans energetyczny Kirnitschtalbahnhof w latach 1997–2010

mgr inż. Mikołaj Bartłomiejczyk
 Katedra Inżynierii Elektrycznej Transportu
 Wydział Elektrotechniki i Automatyki
 Politechnika Gdańska
 mbartlom@ely.pg.gda.pl

mgr Marcin Połom
 Instytut Geografii, Wydział Oceanografii i Geografii
 Uniwersytet Gdański
 geompo@univ.gda.pl