

# Kolej jednoszynowa w Tokio



Pociąg serii 1000 w Shibaura – dzielnicy Tokio (16.08.2006 r.). Fot. Shiodome

Kolej jednoszynowa w Tokio (jap. Tōkyō Monorēru, ang. Tokyo Monorail) jest systemem transportowym zapewniającym komunikację pomiędzy dzielnicą stolicy Japonii Minato, stacją Hamamatsuchō oraz lotniskiem cywilnym Haneda – największym portem lotniczym kraju, przyjmującym rocznie 75 mln pasażerów. Linia kolei jednoszynowej przebiega głównie na estakadach i ma 17,8 km długości i 11 stacji. Linia kolei jednoszynowej została przekazana do eksploatacji w 1964 r. przed letnią olimpiadą sportową. Tabor został wyprodukowany przez Hitachi, a koncepcję zaczerpnięto od niemieckiej firmy ALWEG. Tokijska kolej jednoszynowa przewozi 127 tys. osób dziennie i jest najbardziej obciążoną przewozami koleją jednoszynową na świecie. Obsługę trakcyjną zapewniają obecnie pociągi trzech serii: 1000, 2000 i 10000.

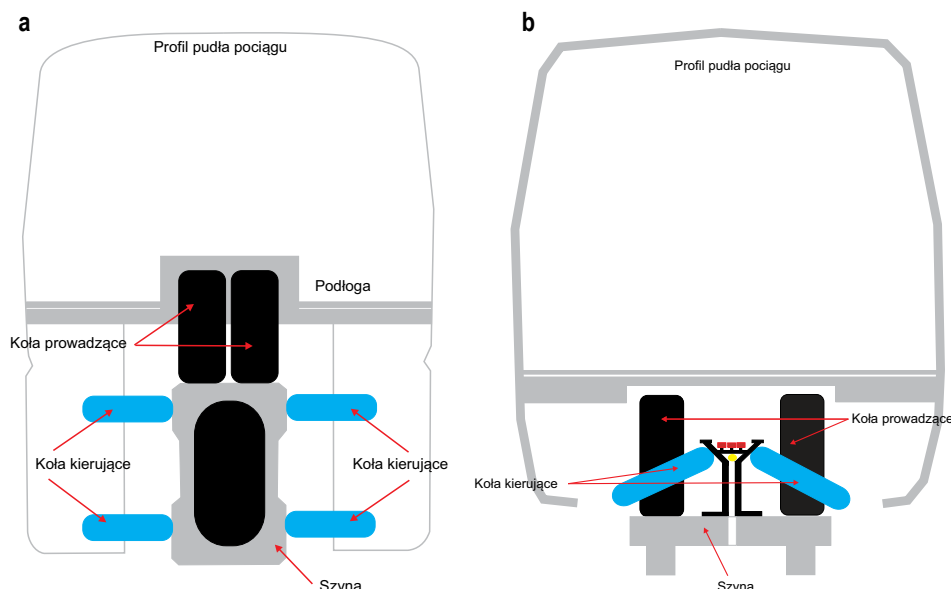
Linia kolei jednoszynowej obsługiwana jest przez 3 rodzaje pociągów: osobowe (jap. Futsū), pospieszne (jap. Kukan Kaisoku) i ekspresowe (jap. Kūkō Kaisoku), a podział nie wynika z osiągniętej prędkości, tylko z liczby stacji, na których dany pociąg się zatrzymuje. Najkrótszy czas przejazdu jest równy 13 min. Zestawienie stacji tokijskiej kolei jednoszynowej znajduje się w tab. 1. Poza koleją jednoszynową, komunikację lotniska Haneda z centrum Tokio zapewnia Keikyu Airport Line, czyli linia lotniskowa Keikyu, a pociągi kursują pomiędzy lotniskiem a stacją Shinagawa. Alternatywą są także autobusy, choć punktualność tego środka transportu z powodu zależności od natężenia ruchu ulicznego, jest niższa niż obu kolei.

## Rozwiązania techniczne

Kolej jednoszynowa, zarówno porusza się, jak i jest stabilizowana przez jedną szynę. W odróżnieniu od kolei klasycznej (dwutorowej), gdzie torowisko ma zbliżoną szerokość do szerokości pojazdu, dla kolei jednoszynowej torowisko przeważnie nie przekracza połowy szerokości poruszającego się pojazdu. Jednocześnie konieczność zapewnienia stabilnej jazdy komplikuje konstrukcję pojazdów eks-

Tab. 1. Stacje tokijskiej kolei jednoszynowej

Nr	Nazwa stacji	Odległość [km]	Haneda Express/Kūkō Kaisoku	Pospieszne/Kukan Kaisoku	Osobowe/Futsū
MO 01	Monorail Hamamatsuchō	0,0	+	+	+
MO 02	Wyspa Tennōzu	4,0	-	+	+
MO 03	Ōi Keibajō-mae	7,1	-	+	+
MO 04	(w pobliżu toru wyścigowego Ōi)	8,7	-	+	+
MO 05	Centrum Ryūtsū	9,9	-	-	+
MO 06	(Centrum Logistyczne)	11,8	-	-	+
MO 07	Shōwajima	12,6	-	-	+
MO 08	Seibijō	14,0	+	+	+
MO 09	(zakład utrzymania taboru)	16,1	-	-	+
MO 10	Tenkūbashi	16,9	+	+	+
MO 11	Lotnisko Haneda Terminal Międzynarodowy	17,8	+	+	+



Rys. 1. System kolei jednoszynowej: a) Alweg, b) Urbanaut

placowanych w tym systemie, co znacznie ogranicza zastosowanie kolei jednoszynowej, czyniąc ów system znacznie droższym od kolei tradycyjnej. Budowa kolei jednoszynowej ma zatem zastosowanie praktycznie tylko w przypadku braku miejsca na poprowadzenie kolei konwencjonalnej, czyli w warunkach miejskich.

Można wyróżnić następujące rodzaje kolei jednoszynowej:

- ♦ Kolej wisząca: wagony są podwieszane na szynie, po której się poruszają, a zespół napędowy jest umieszczony na dachu (silniki, wózki). System ten, z powodu konieczności budowy podpór, wymaga najwięcej miejsca spośród wszystkich systemów kolei jednoszynowej. Przykładem jest kolej wisząca w Wuppertalu, w Niemczech.
- ♦ Kolej, w której wagony poruszają się po wąskim torowisku, na dwóch równoległych kołach znajdujących się w dwóch wózkach, a umieszczone poniżej obustronnie dodatkowe koła pełnią rolę stabilizującą. Dodatkowo, konstrukcja wagonu w dolnej części, obejmująca obustronnie torowisko, także stabilizuje pociąg pod-

czas jazdy czy postoju. Przykładem jest kolej jednoszynowa w Tokio (rys. 1).

♦ Kolej, gdzie wagony poruszają się po torowisku, w środku którego znajduje się odpowiednio ukształtowana prowadząca szyna prądowa, a koła służące do odbioru prądu pełnią dodatkowo rolę stabilizatorów podczas jazdy czy postoju. Ów system jest najprostszy w budowie i eksploatacji (tzw. system Urbanaut) (rys. 2).

Obecnie największe zastosowanie mają rozwiązania z pociągami poruszającymi się na estakadach, na których znajduje się szyna i torowisko, wykonane ze stali, ewentualnie wzmocnionego betonu, o szerokości 0,6–0,9 m. Wagony poruszają się na gumowych kołach w płaszczyźnie pionowej, a niekiedy także i poziomej (obustronnie). Podobne rozwiązanie zostało opracowane przez niemiecką firmę ALWEG. Stosowane

jest także inne rozwiązanie autorstwa francuskiej firmy SAFEGE, w którym wagony są zawieszane na kołach, które poruszają się wewnątrz szyny prowadzącej (kolej wisząca). Zasilanie jest realizowane przez podwójne trzecie szyny, a odbieraki prądu są umieszczone przy prowadnicach wózka. Stosowany jest napęd elektryczny, spalinowy, a historycznie także parowy.

Idea kolei jednoszynowej została stworzona przez niemieckiego inżyniera i przemysłowca Eugen'a Langen'a, który zaprojektował całość w latach 80. XIX w.

Pierwszą na świecie kolej jednoszynową zbudowano przez dolinę rzeki Wupper pomiędzy miastami Barmen i Elberfeld (obecnie leżące w aglomeracji Wuppertalu) w Niemczech jako kolej wiszącą w 1901 r. W porównaniu z koleją tradycyjną (dwuszynową), dla kolei jednoszynowej bardziej skomplikowana jest konstrukcja zwrotnic, czy dłuższy czas potrzebny na zmianę kierunku jazdy (przestawienie zwrotnicy dla systemu ALWEG zabiera ok. 12 s), a także całkowita niekompatybilność infrastruktury z odpowiednikiem kolei tradycyjnej. Cechą kolei jednoszynowej jest brak pantografów (symetrycznych, niesymetrycznych) do odbioru prądu. Stosowane pochYLENIA są porównywalne z odpowiednikami dla metra – 60%, choć niektóre systemy kolei podziemnej stosują większe pochYLENIA, np. metro w Lozannie – 120%. Z drugiej strony, kolej jednoszynowa jest mniej wrażliwa na pochYLENIA terenu i obecność zbiorników wodnych dzięki zastosowaniu torowiska na podporach na całej trasie.

Jako kolej jednoszynową można także potraktować pociągi Maglew, jednak ściśle w przypadku podobnych pociągów w wybranych zakresach prędkości, nie występuje fizyczny kontakt koła z szyną (ew. ich odpowiedników). Zatem technologii Maglew nie można sklasyfikować jako kolei jednoszynowej. Dodatkowo, ideą technologii Maglew jest wyeliminowanie zjawiska tarcia czy oporu toczenia (poza oporem aerodynamicznym) oraz osiągnięcie bardzo wysokich prędkości (400–500 km/h). Także torowisko Maglew jest szersze w porównaniu z tradycyjną koleją jednoszynową.

### Historia kolei jednoszynowej w Tokio

Początkowo planowano zbudować linię biegnącą z lotniska Haneda do Shimbashi, ewentualnie jedną ze stacji w Tokio, ale wykonawca uzyskał zezwolenie na budowę linii w obu lokalizacjach.



Pociąg serii 1000 (13.02.2009 r.). Fot. TC411-507





Kolej jednoszynowa Sky Train kursująca pomiędzy stacją Düsseldorf Flughafen i Terminalem C lotniska w Düsseldorfie (2,5 km). Fot. Siemens

Jednak wzrost kosztów budowy linii Tōkaidō Shinkansen, która była finansowana z tego samego źródła, spowodował konieczność przesunięcia funduszy na linię dużych prędkości i skrócenia trasy kolei jednoszynowej. Dodatkowo, trasę napowietrzną zaprojektowano maksymalnie nad lustrem rzek, aby uniknąć konieczności wykupu gruntów od prywatnych właścicieli. Wiązało się to z koniecznością wyburzenia zabytkowej infrastruktury z epoki Edo (1603–1868).

Linia kolei jednoszynowej została przekazana do eksploatacji w połowie września 1964 r., tuż przed letnią olimpiadą sportową. Tabor został wyprodukowany przez Hitachi, a koncepcję zaczerpnięto od niemieckiej firmy ALWEG. Ten sam producent był także dostawcą taboru w kolejnych latach: 1969, 1977, 1982, 1989 i 2014 r.

Tokijska kolej jednoszynowa była pierwszym tego rodzaju środkiem transportu na świecie. Początkowo pociągi kursowały pomiędzy centrum miasta a lotniskiem bez zatrzymania, jednak sukcesywnie dodawano kolejne stacje: toru wyścigowego Ōi w 1965 r. czy Seibijō w 1967 r. Początkowo stacją końcową w obrębie lotniska była stacja położona w zachodniej jego części, jednak wraz z otwarciem nowego terminalu (obecnie Terminal 1) w 1993 r. linię



Stacja Hamamatsucho kolei jednoszynowej w Tokio (02.06.2006 r.). Fot. Shiodome

kolei jednoszynowej wydłużono, budując nową stację końcową i likwidując dotychczasową, w tym dawny odcinek. W grudniu 2004 r. zbudowano kolejny odcinek 0,9 km kolei jednoszynowej biegnący do nowo otwartego Terminalu 2, a w marcu 2007 r. pętlę przy stacji Showajima. Nowa stacja w obrębie terminalu międzynarodowego została otwarta w październiku 2010 r.

Obecnie tokijska kolej jednoszynowa jest własnością JR East (70%), Hitachi (12%), Japan Airlines (9%) i All Nippon Airways (9%). Tokijska kolej jednoszynowa przewozi 127 tys. osób dziennie i jest najbardziej obciążoną przewozami koleją jednoszynową na świecie. Od czasu uruchomienia w 1964 r. skorzystało z niej 1,5 mld pasażerów.

## Tabor

Obsługę trakcyjną zapewniają obecnie pociągi trzech serii: 1000, 2000 i 10000, które mają kilka cech wspólnych – prędkość maksymalną (80 km/h), aluminiowe poszycie pudła, a także identycz-



Pociąg serii 2000 nr 2031 w pobliżu stacji Showajima (21.05.2006 r.). Fot. UE-PON2600



Pociąg serii 10000 podczas jazdy próbnej (15.07.2014 r.). Fot. A. Nakamura

**Tab. 2. Dane techniczne taboru kolei jednoszynowej w Tokio**

		1000	2000	10000
Serie, które zostały zastąpione		500, 600	700, 800	1000
Początek eksploatacji		1989–	1997	lipiec 2014 –
Lata budowy		1989–1996	1997–2002	2014–
Liczba wyprodukowanych pociągów		16	4	4
Liczba wagonów w pociągu		6		
Liczba pociągów w eksploatacji		13	4	4
Liczba pociągów skasowanych		3	0	0
Numery inwentarzowe		1001–1091	2011–2041	10011–10041
Zdolność przewozowa	liczba pasażerów	584	600	456
Przewoźnik		Tokyo Monorail		
Zakład taboru		Showajima		
Obsługiwane linie		Tokyo Monorail Haneda Airport Line		
Poszycie pudła		aluminium		
Długość wagonu				
- skrajnego		16 550	16 400	16 400
- środkowego		15 200	15 200	15 200
Szerokość	mm	3 038	3 038	3 038
Wysokość	mm	4 362	4 364	4 364
Liczba drzwi w wagonie na każdą stronę		2		
Prędkość maksymalna		80	80	80
Przetwarzanie prądu w pociągu		rezystory	VVVF	IGBT–VVVF
Pobór mocy		24x70 kW	16x100 kW	16x100 kW
Przyspieszenie		3,5		
Hamowanie				
- standardowe		4,0		
- nagłe		4,5		
Napięcie zasilania		750 V DC		
Sposób odbioru prądu		szyna prądowa		
System bezpieczeństwa ruchu		ATC	ATC	ATI
Rodzaj nawierzchni torowej		jedna szyna		



Przedział pasażerski w pociągu serii 10000. Fot. A. Nakamura

ną liczbę wagonów w pociągu – 6. Główną różnicą jest część elektryczna – w najstarszej serii zastosowano rezystorowy rozruch silników trakcyjnych, a w dwóch kolejnych – impulsowy. Poszczególne serie rozpoczęły eksploatację odpowiednio w 1989 r., 1997 r. i 2014 r., część pociągów serii 1000 została już skasowana. Wnętrze pociągów dostosowano dla pasażerów podróżujących z dużym bagażem – siedzenia ustawiono wzdłuż ścian oraz zapewniono odpowiednio duże schowki na bagaż. Wcześniej były eksploatowane serie:

- ♦ 100/200/300/350 – w latach 1964–1978;
- ♦ 500 – w latach 1969–1991;
- ♦ 600 – w latach 1977–1997;
- ♦ 700/800 – w latach 1982–1998.

Tabor z ostatnich dostaw (serii 10000) został wyposażony w czteropolowe silniki trójfazowe o parametrach: 550 V, 141 A, 50 Hz i 100 kW w liczbie 16 sztuk w każdym pociągu. Przekształtniki główne zastosowane w pociągach serii 10000 są lżejsze w porównaniu z ich odpowiednikami z serii 1000. Po raz pierwszy zastosowano, zamiast systemu ATC, system ATI, a dane są zbierane z wykorzystaniem sieci Ethernet. Masa wagonów skrajnych jest równa 23–23,3 t, środkowych 23,3–24,1 t. Zawieszenie drugiego stopnia jest zrealizowane przez poduszki powietrzne. Torowisko, po którym poruszają się pociągi, ma 0,8 m szerokości i 1,4 m wysokości. Zasilanie jest realizowane przez szynę prądową o napięciu 750 V DC. Dane techniczne eksploatowanego obecnie taboru zamieszczono w tabeli 2.

## Bibliografia

1. Demery L. W., Forty R., DeGroot R., Higgins J. W., *Electric Railways of Japan (Interurbans- Tramways-Metros)*, Vol. 1: Tokyo and Northern Japan, Light Rail Transit Association, 1983.
2. Kusamachi Y., *Rediscovering the fascination of monorails*, „Japan Railfan Magazine” 2009, Vol. 49, no. 578, Japan: Koyusha Co., Ltd. pp. 114–118.
3. Svensson E., *Definition and Description of Monorail*, 2007.
4. Terada H., *Japan's Private Railways*, Neko Publishing, Japan 19.01.2013, p. 53.
5. *Tokyo Monorail: Double-tracking of Hamamatsucho Station – Project cost 26 billion yen, extension to Tokyo also eyed*, The Daily Engineering & Construction News, The Nikkan Kensetsu Kogyo Shinbun, Japan 24.06.2009.
6. Tokyo monorail opened, „The Railway Magazine” 11.1964, is. 763, p. 862.
7. Tokyo Monorail Service Opened, „Railway Gazette” 2.10.1964, p. 793, Tokyo Monorail, 5.03.1965, pp. 187–189.

## Autorzy:

dr **Marek Graff** – Redakcja TTS  
**Akihiro Nakamura**

### Monorail in Tokyo

The Tokyo monorail is a transport system operating between the capital of Japan and the civilian airport Haneda, the largest airport of the country. The monorail line is built mainly on flyovers and it is 17.8 km long and has 11 stations. The monorail line was put into operation in 1964 before the summer Olympic Games. The rolling stock was produced by Hitachi and the concept was based on the German company ALWEG. 127 thousand people a day use the Tokyo monorail and it is the busiest monorail train in the world. Three trains classes are exploited now: 1000, 2000 and 10000.