

Mirosław Jan NOWAKOWSKI<sup>1</sup>

## STAN OBECNY I ROZWÓJ METRA W SÃO PAULO

*São Paulo w Brazylii to jedna z największych metropolii świata, w której codziennie przemieszczają się miliony mieszkańców. Wzrastające potrzeby transportowe powodują, że w komunikacji zbiorowej bardzo duży nacisk kładziony jest na transport kolejowy — zarówno naziemny jak podziemny (metro). Istniejąca i ciągle się rozwijająca bardzo gęsta zabudowa oraz bardzo duże różnice poziomów powodują, że priorytetowe znaczenie ma właśnie ten ostatni rodzaj komunikacji. Jego stan obecny oraz perspektywy rozwoju przedstawiono w niniejszym referacie.*

## METRO IN SÃO PAULO — CURRENT STATE AND FUTURE DEVELOPMENTS

*São Paulo, Brasil, is one of world's largest metropolitan areas, with millions of residents commuting each day. Growing transportation needs stress the importance of railroad mass transport — both conventional and subway (metro), the latter given priority due to existing and developing dense land use and large altitude differences. This paper presents its current state and future development perspectives.*

### 1. SKALA PROBLEMU

Skalę problemu stojącego przed systemem komunikacyjnym miasta São Paulo najłatwiej uzmysłowić sobie na podstawie tab. 1 oraz rys. 1. Jak widać, metropolia São Paulo przy powierzchni niewiele większej od woj. opolskiego ma 10-krotnie większą liczbę ludności. Do tego dodać należy bardzo duże różnice wysokości występujące na obszarze miasta, które — mimo że budynki wyższe niż 40-piętrowe można w nim policzyć na palcach jednej ręki — z daleka wygląda jak Manhattan.

*Tab. 1. Podstawowe dane statystyczne na temat São Paulo (na podst. [2,3])*

Jednostka administracyjna	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	Populacja [mln]
Stan São Paulo	248209	~ 42
Metropolia São Paulo	7944	~ 22
Miasto São Paulo	1523	~ 11
Rzeczpospolita Polska	322 575	~ 38

<sup>1</sup> Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Inżynierii Kolejowej; 80-233 Gdańsk; ul. G. Narutowicza 11/12; tel.: +48 58 348-60-90 e-mail: nowam@pg.gda.pl

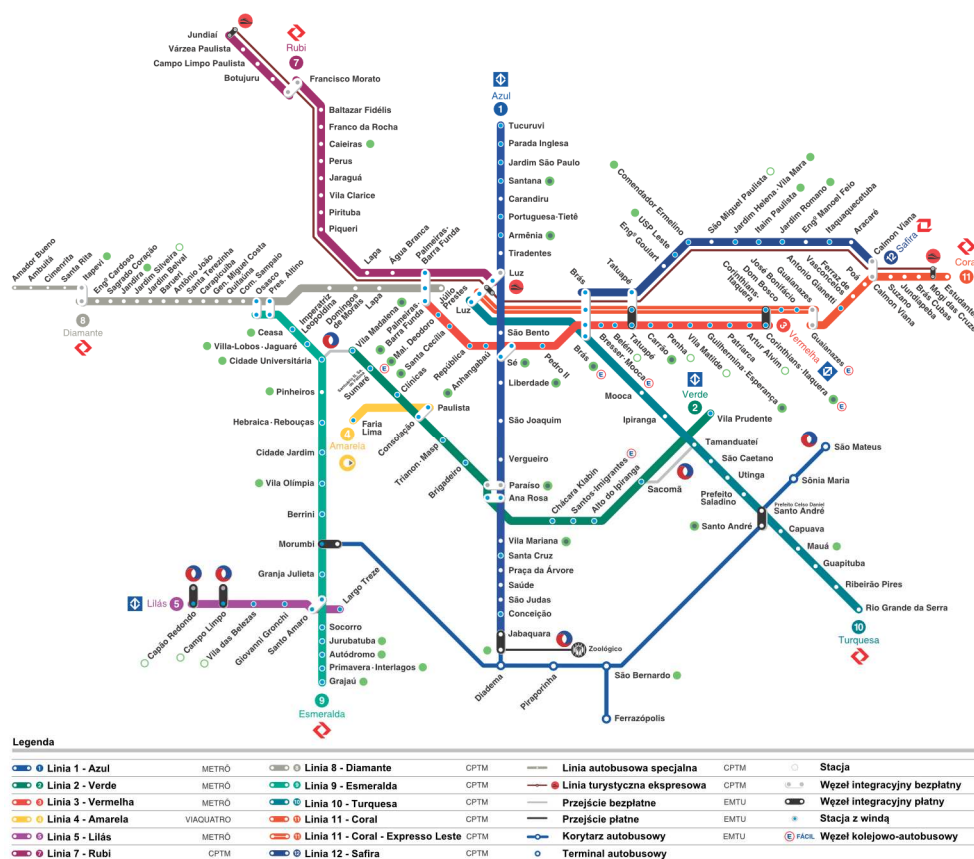


Rys.1. Porównanie powierzchni stanu i miasta São Paulo z powierzchnią Polski

Sprawny transport w tak wielkim, silnie zurbanizowanym i uprzemysłowionym organizmie miejskim ma ogromne znaczenie. Lokalne władze doceniając wagę problemu dużą uwagę poświęcają komunikacji zbiorowej, wśród której bardzo duże znaczenie ma transport szynowy. W obrębie miasta São Paulo funkcjonują i wzajemnie się uzupełniają dwa jego systemy:

- naziemna szybka kolej miejska CPTM (port. *Companhia Paulista de Trens Metropolitanos*);
- metro (port. *Metropolitano de São Paulo*, w skrócie Metrô).

Linie te, uzupełnione specjalnymi korytarzami autobusowymi, tworzą spójny, uzupełniający się i współpracujący ze sobą system, którego schemat przedstawiono na rys. 2. Dla ułatwienia orientacji wszystkie wchodzące w jego skład linie kolejowe — zarówno CPTM jak i Metrô — oznaczono unikalnym numerem oraz kolorem (ten ostatni stanowi równocześnie nazwę linii). Należy zaznaczyć, że linie Metrô są położone jedynie w centralnej i północnej części miasta, i nie obejmują swoim zasięgiem tzw. Zony Sul, w skład której wchodzi dzielnicę M'Boi Mirim, Socorro, Cidade Ademar, Perelheiros oraz Campo Limpo.



Rys.2. Schemat funkcjonującego transportu metropolitalnego miasta São Paulo wg stanu z końca czerwca 2010 r. [4]

## 2. ISTNIEJĄCE LINIE METRA

### 2.1 Informacje podstawowe

Obecnie na terenie São Paulo funkcjonuje pięć linii metra (tab. 2) [5,6], przy czym normalną, codzienną obsługę pasażerów realizują cztery z nich (otwarta w maju br. i będąca na ukończeniu linia 4 Amarela jest wykorzystywana jedynie w celach testowych oraz turystyczno-reklamowych, od poniedziałku do piątku w godz. 9:00 – 15:00) [4].

Jeżeli z planu przedstawionego na rys. 2 usuniemy wszystkie środki transportu poza metrem, otrzymamy stosunkowo niepozorny — w porównaniu z pierwowzorem — plan przedstawiony na rys. 3. Jednak to właśnie ta niepozorna sieć, funkcjonująca przez wszystkie dni w tygodniu (nie wyłączając świąt) przez 20 godzin na dobę, zapewnia sprawne funkcjonowanie transportu miejskiego, przewożąc codziennie 3,6 mln pasażerów (linie CPTM przewożą kolejne 2,1 mln pasażerów na dobę).

Tab. 2. Podstawowe informacje o działających liniach metra

Linia	Inauguracja	Długość [km]	Stacje [szt.]	Czas jazdy [min]
Linia 1 Azul	1974-09-16	20,2	23	45
Linia 2 Verde	1991-01-25	14,6	13	18
Linia 3 Vermelha	1979-03-10	22,0	18	36
Linia 4 Amarela	2010-05-25	15,8	11	—
Linia 5 Lilás	2002-10-20	8,4	6	11

Z rys. 3 wynika ponadto znaczenie pozostałych środków transportu zbiorowego, bez których np. linia 5 Lilás funkcjonowała by w oderwaniu od pozostałych.



Rys.3. Schemat istniejących linii metra [4] uzupełniony o wybudowane ale jeszcze niewykorzystywane komercyjnie odcinki linii 4 Amarela

Poszczególne linie metra powstawały kolejno w ciągu przeszło 35 lat. W tak długim okresie czasu zmieniały się warunki ekonomiczno-polityczne oraz technika transportowa. Dlatego poszczególne linie są w wysokim stopniu odizolowane od siebie, różniąc się m.in. takimi parametrami, jak szerokość toru oraz prędkość operacyjna [4]. I tak:

- najnowsze linie 4 oraz 5 mają tor o prześwicie 1435 mm i prędkość 80 km/h;
- pozostałe linie mają tor o szerokości 1600 mm i prędkość 100 km/h.

## 2.2 Linia 1 Azul (Niebieska)

Najstarszą, funkcjonującą od 1974 r linią metra jest linia 1 Azul, przebiegająca przez centrum miasta w kierunku południkowym i łącząca położone po przeciwnych stronach miasta dzielnice Santana oraz Jabaquara [5,6]. Jedną z jej stacji końcowych — terminal Jabaquara obsługujący w szczycie 30 tys. pasażerów/godz. — jest najdalej na południe położoną stacją metra i stanowi równocześnie ważny węzeł integracyjny, umożliwiającą przesiadkę na autobusy międzymiastowe, kursujące m.in. w kierunku położonego na wybrzeżu Oceanu Atlantyckiego portu Santos. Tu też znajduje się duża stacja postojowa i warsztaty naprawy taboru kolejowego (rys. 4). Godny odnotowania jest fakt, że ze względu na bardzo urozmaiconą rzeźbę terenu stacja ta jest częściowo położona na nasypie o wysokości 12 m [4].



Rys.4. Stacja postojowa przy terminalu Jabaquara (fot. M.J. Nowakowski)

Linia 1 Azul krzyżuje się z dwoma innymi liniami: linią 2 Verde (obie linie na odcinku między stacjami Ana Rosa i Paraiso przebiegają równolegle do siebie, chociaż oczywiście na innych poziomach) oraz linią 3 Vermelha. Położona w centrum miasta, na skrzyżowaniu

linii 1 i 3 stacja Sé jest najbardziej obciążoną stacją na linii Azul i w ogóle na całej sieci Metrô. W szczycie komunikacyjnym przewija się przez nią 100 tys. pasażerów/godz. [5,6].

### 2.3 Linia 2 Verde (Zielona)

Budowie linii 2 Verde przyświecała idea udroźnienia miejskiego systemu transportowego w położonym w centrum miasta rejonie Avenida Paulista. Linia przebiega równoleżnikowo, od stacji Vila Madalena na zachodzie do stacji Vila Prudente na wschodzie. Linia jest w fazie intensywnej rozbudowy. Stacja Sacoma została oddana do eksploatacji 31 stycznia br., stacja Vila Prudente 21 sierpnia br., a terminal Tamanduatef integrujący linię 2 z naziemną linią 10 — 21 września br. [5,6].

Linia przebiega w bardzo trudnych warunkach terenowych. Najlepiej świadczy o tym fakt, że perony terminala Tamanduatei leżą na powierzchni terenu, perony następnej stacji (Vila Prudente) na głębokości 14,0 m, a perony czwartej z kolei stacji Alto Ipiranga — 24,16 m poniżej powierzchni terenu [4].

Na linii najbardziej obciążone są stacje położone na skrzyżowaniu linii 2 z linią 1 — Ana Rosa i Paraiso. W szczycie każda z nich obsługuje 40 tys. pasażerów/godz.

### 2.4 Linia 3 Vermelha (Czerwona)

Położona równoleżnikowo linia 3 Vermelha łączy najważniejsze punkty w centrum miasta, przebiegając od rejonu centrum kulturalnego Memorial da América Latina na zachodzie, poprzez Praça da República oraz Praça da Sé w samym centrum miasta, aż do Corinthians we wschodniej części miasta. Linia jest bardzo silnie zintegrowana z innymi liniami szynowego transportu miejskiego. Położony na zachodzie węzeł Palmeiras-Barra Funda łączy linię 3 z dwoma liniami kolei CPTM oraz dworcami autobusowego transportu miejskiego i międzymiastowego. Położony na wschodnim końcu linii węzeł Corinthians-Itaquera łączy linię metra z jedną linią CPTM i miejskim dworcem autobusowym. Przez każdy z nich w godzinach szczytu przewija się po 60 tys. pasażerów/godz.. Węzeł Brás (60 tys. pasażerów/godz.) łączy metro z trzema liniami kolei CPTM. Węzeł Tatuapé stanowi połączenie omawianej linii z dwoma liniami CPTM i dworcem autobusowym. Ponadto stacja República (80 tys. pasażerów /godz.) łączy linie 3 i 4 metra, i wreszcie wspomniana już stacja Sé, łączy linię 3 z linią 1 (100 tys. pasażerów/godz.) [5,6]. Na całej długości linii funkcji integracyjnych z innymi rodzajami transportu nie pełnią zaledwie trzy stacje.

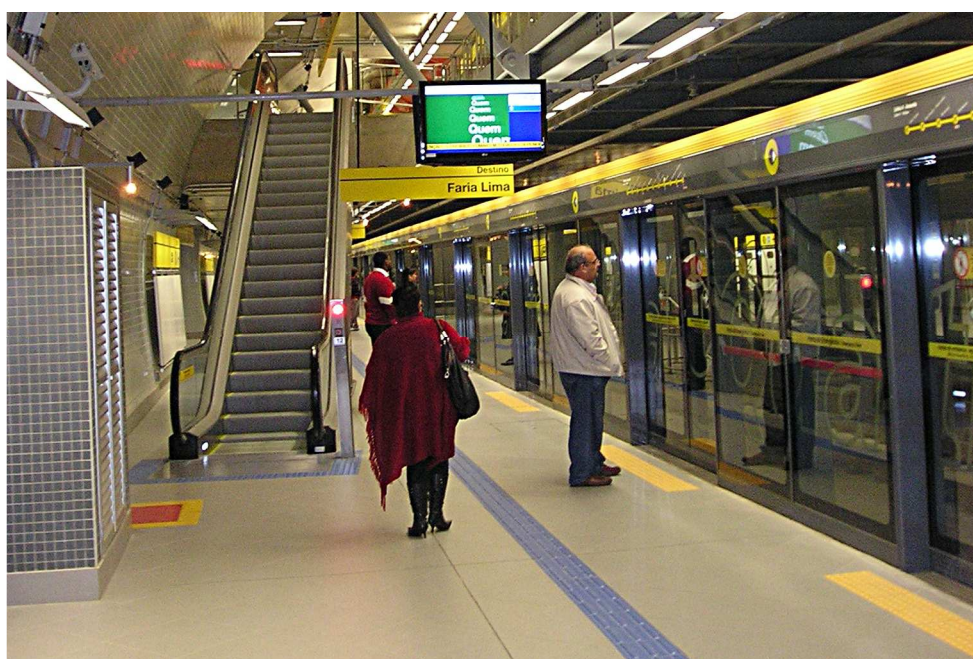
### 2.5 Linia 4 Amarela (Żółta)

Linia 4 Amarela została oficjalnie otwarta 25 czerwca 2010 r. Jednak obecnie nie jest ona eksploatowana komercyjnie. W dni powszednie, w godz. 9:00 – 15:00 kursuje po niej jedna para pociągów, mająca zapoznać mieszkańców z zupełnie nową, niespotykaną na pozostałych liniach technologią przewozów za pomocą składów sterowanych komputerowo (bez udziału maszynistów) [4]. Składy kursują na wybranym odcinku linii, między stacjami Paulista i Faria Lima. Równocześnie na odcinku trwają prace wykończeniowe na dwóch kolejnych stacjach, a także na pozostałym, wydrążonym już odcinku linii. Cała linia docelowo łączy położoną w centrum miasta stację Luz z rejonem kampusu

uniwersyteckiego oraz dzielnicą Morumbi. W ten sposób zapewnione zostanie sprawne połączenie między trzema przedstawionymi wcześniej liniami metra, a węzłami przesiadkowymi będą:

- stacja Luz łącząca linie 1 i 4;
- stacja Republica łącząca linie 3 i 4;
- podziemne przejście między stacją Paulista na linii 4 i stacją Consolação na linii 2.

Budowa linii narażała wiele problemów, wynikających przede wszystkim z warunków wodno-gruntowych oraz z prowadzenia linii w najsilniej zurbanizowanej części miasta (aleje Ipiranga, Consolação, Rebouças i Francisco Morato oraz przejście pod rzeką Pinheiros). Przy budowie stacji wykorzystano m.in. technologię NATM (ang. *New Austrian Tunneling Method*) [1]. Ze względu na ukształtowanie terenu oraz konieczność przejścia poniżej istniejącej linii 2, część linii 4 położona w okolicach centrum miasta przebiega bardzo głęboko. Najbardziej zagłębione są stacje Paulista oraz Pinheiros, na których niweleta główki szyny leży niemal 36 m poniżej powierzchni terenu. Sama linia największe zagłębienie osiąga między stacjami Oscar Freire oraz Paulista. Niweleta główki szyny leży tam 47,28 m poniżej powierzchni terenu [4].



Rys.5. Ściana zabezpieczająca krawędź peronu na stacji Paulista linii 4 Amarela (fot. M.J. Nowakowski)

Otwarty dotychczas fragment linii robi imponujące wrażenie. Korytarz łączący stacje Consolação i Paulista (różnica wysokości między peronami tych stacji wynosi ponad 14 m) wyposażony jest w ruchomy chodnik, a krawędzie peronów są oddzielone od torów

przezroczystą ścianą wyposażoną w drzwi otwierane automatycznie po zatrzymaniu się składu pociągu (rys. 5). Wiele osób zwiedzających linię nie zdaje sobie początkowo sprawy z faktu, że w pociągu nie ma maszynisty. Przekonuje o tym dopiero spacer do czoła pociągu, w którym znajduje się jedynie wyjście bezpieczeństwa i dwa okna, przez które można podczas jazdy obserwować tunel przed jadącym pociągiem.

## 2.6 Linia 5 Lilás (Liliowa)

Budowa linii 5 Lilás położonej na uboczu w stosunku do pozostałych linii miała na celu ożywienie najbardziej zacofanego regionu metropolii São Paulo: dzielnic Capão Redondo, Capela do Socorro, Campo Limpo, Rio Pequeno, Grajaú, Piraporinha, okolic Santo Amaro oraz sąsiadujących z nimi miast Embu, Taboão i Itapeccerica da Serra [4,5]. Sama linia z klasycznie rozumianym metrem ma niewiele wspólnego. Na długości 7 km przebiega na estakadach, 1 km po powierzchni ziemi i jedynie 0,85 km położonych jest pod ziemią. Wizytówką linii jest najbardziej obciążona na niej ruchem stacja Santo Amaro (25 tys. pasażerów/godz. w szczycie). Stacja położona jest na długim na 220 m moście nad rzeką Pinheiros [4]. Główne przęsło mostu ma długość 122 m i jest podwieszane wantowo na pojedynczym pylonie o wysokości 64 m (rys. 6).



Rys.6. Stacja Santo Amaro [5]



### 3. PERSPEKTYWY ROKOWU METRA

System transportu szynowego miasta São Paulo jest z jednej strony niezbędny dla funkcjonowania aglomeracji, a z drugiej strony zdecydowanie niewystarczający do zaspokojenia ciągle rosnących potrzeb przewozowych. Dlatego w najbliższym czasie planowana jest jego intensywna rozbudowa, obejmująca także linie metra. Zakres prac prowadzonych obecnie przedstawiono w tab. 3. Natomiast w tab. 4 zawarto plany rozbudowy w okresie do roku 2017. Spośród projektowanych tras największe znaczenie ma linia 14 Ônix łącząca centrum z międzynarodowym portem lotniczym Guarulhos, oraz linia 17 Ouro, zapewniająca łączność z krajowym lotniskiem Congonhas oraz z północną częścią pozbawionej dotychczas transportu szynowego dzielnicy Zona Sul.

Zarządzane przez Metrô nowobudowane i projektowane linie niekoniecznie będą miały tradycyjny, podziemny przebieg. W tak urozmaiconym wysokościowo terenie, jakim charakteryzuje się metropolia São Paulo, przebieg niwelety linii względem płaszczyzny terenu należy traktować bardzo elastycznie, dostosowując go do lokalnej sytuacji oraz możliwości finansowych. Te ostatnio często nie są małe, gdyż władze oraz inwestorzy mają ambicje wykorzystywania nowych inwestycji do tworzenia kolejnych „wizytówek” miasta. Tak należy traktować fakt, że przedłużenie istniejącej linii 2 Verde (tzw. Linia 2-A Verde) oraz nowobudowane linie 16 Prata i 17 Ouro mają być wykonane jako linie nadziemne jednoszynowe [4,6].

Tab. 3. Aktualnie rozbudowywane linie metra [4,6]

Linia	Stacje końcowe	Długość [km]	Stacje [szt.]
Linia 2-A Verde	Vila Prudente ↔ Cidade Tiradentes	23,8	17
Linia 5 Lilás	Largo Treze ↔ Chácara Klabin	11,4	11

Tab. 4. Linie metra będące w fazie projektowania [4,6]

Linia	Stacje końcowe	Długość [km]	Stacje [szt.]
Linia 6 Laranja	Brasilândia ↔ São Joaquim	14,0	17
Linia 15 Branca	Vila Prudente ↔ Tiquatira	10,0	9
Linia 16 Prata	Cachoeirinha ↔ Lapa	9,0	10
Linia 17 Ouro	São Paulo - Morumbi ↔ São Judas/Jabaquara	21,5	20

### 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Golser J.: The New Austrian Tunneling Method (NATM), Theoretical Background and Practical Experiences. 2nd Shotcrete conference, Easton (USA), 4-8 Oct 1976.
- [2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Estimativas das Populações Residentes, em 1o. De Julho de 2008. Plik pobrany z serwera ftp://ftp.ibge.gov.br

- 
- [3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Resolução No. 05, de 10 de Outubro de 2002, Área Territorial: UF – São Paulo – SP – 35. Plik pobrany z serwera <ftp://geofp.ibge.gov.br>
- [4] Materiały uzyskane bezpośrednio przez autora od inż. Jana Nowakowskiego, projektanta linii 4 i 5.
- [5] Strona internetowa [http://en.wikipedia.org/wiki/São\\_Paulo\\_Metro](http://en.wikipedia.org/wiki/São_Paulo_Metro)
- [6] Strona internetowa <http://www.saopaulo.sp.gov.br>