

Metro w Kopenhadze



Pociąg metra wjeżdża na stację Ørestad, linia M1 (1.05.2010 r.)

W Kopenhadze, stolicy Danii (aglomeracja 1,5 mln mieszkańców) od kilku lat funkcjonuje metro, całkowicie automatyczne, na które składają się 2 linie biegnące częściowo na wspólnym odcinku. Część stacji znajduje się na powierzchni ziemi, zaś te położone w centrum miasta – pod ziemią.

W Kopenhadze zlikwidowano linie tramwajowe przebiegające przez centrum miasta do 1972 r., przy czym podobny trend był obecny w wielu stolicach Europy. Pierwsze plany budowy sieci metra w stolicy Danii pojawiły się w 1992 r., a zostały zrealizowane stosunkowo niedawno – pierwszy odcinek oddano do użytku w 2002 r. Obecnie łączy ono Kopenhagę z położonymi na przedmieściach miastami Frederiksberg i Tårnby i ma 20,5 km długości, na co składają się 2 linie. System metra jest kompatybilny z systemem kolei miejskiej w Kopenhadze (S-Tog) oraz pociągami kolei duńskich (DSB). Sieć metra składa się z dwóch linii, od zachodu osiagających miasteczko Frederiksberg, natomiast od południowo-wschodu dzielnicę Ørestad (linia M1) i kopenhaskie lotnisko Kastrup (M2), położone na wyspie Amager. Metro jest zarządzane przez spółkę Metroselskabet, utworzoną przez władze miejskie Kopenhagi i miasta Frederiksberg oraz ministra transportu Danii. Do obsługi obu linii zakupiono we włoskim koncernie AnsaldoBreda 34 pociągi, nie wymagające obsługi przez maszynistów. Pociągi metra kursują przez całą dobę, w godzinach nocnych z mniejszą częstotliwością. Obecna sieć metra powstała w następujących etapach:

- 10.2002 r. – Nørreport – Vestamager/Lergravsparken,
- 05.2003 r. – Nørreport – Frederiksberg,
- 10.2003 r. – Frederiksberg – Vanløse (bez stacji Flintholm),
- 01.2004 r. – zbudowano stację Flintholm (łącznie ze stacją kolei miejskiej S-Tog),

- 09.2007 r. – Lergravsparken – Lufthavnen.

Oprócz planów budowy metra rozważano także budowę sieci tramwaju miejskiego czy systemu kolei typu Light Rail.

Wybór systemu – metro, tramwaj, czy Light Rail

Zanim zbudowano system metra w Kopenhadze rozważano 3 rozwiązania:

- system metra;
- budowę sieci tramwajowej w poziomie istniejących ulic;
- budowę systemu kolei miejskiej, tzw. Light Rail.

Ostatnia opcja nie byłaby rozbudową już istniejącego systemu kolei miejskiej w Kopenhadze, tzw. S-Tog, lecz budową zupełnie nowego systemu kolei. O budowie metra zdecydowały takie względy, jak:

- większa atrakcyjność dla pasażerów;
- mniejsza uciążliwość dla mieszkańców podczas budowy systemu;
- bezpieczeństwo podczas eksploatacji, z minimalną liczbą potencjalnych wypadków;
- system metra jest przyjazny środowisku;
- na podstawie badań opinii publicznej, system metra miał najwięcej zwolenników.

Dyskusje, jaki system wybrać, rozpoczęły się w pierwszej połowie lat 90. XX w., zaś konkretne plany pojawiły się w maju 1994 r. jako projekt Ørestadsselskabet.

Metro automatyczne

Ten system kolei miejskiej określałyby pociągi bez maszynistów, jednak w każdym pociągu byłaby obecna osoba, tzw. kierownik pociągu. Częstotliwość kursowania wynosiłaby 90 s, przy czym budowano by raczej krótkie, niż długie perony. Zasilanie pociągów odbywałoby się poprzez trzecią szynę (zasilanie napowietrzne, z sieci trakcyjnej, wymagałoby drażenia tuneli o większej

średnicy, zatem droższych w budowie), przy czym w centrum miasta pociągi poruszałyby się w tunelach, a na wschodnich przedmieściach miasta – na estakadach. Tunele zostałyby wydrążone 20 m poniżej poziomu gruntu, w miękkich skałach wapiennych. W metrze obowiązywałby ruch prawostronny. Całość była

by niezależna od ruchu samochodów (tj. byłoby nieważliwe na potencjalne korki). Długość peronów określono na 50 m, co pozwoliłoby na korzystanie z nich jednorazowo 400 pasażerom. Budowa tuneli odbywałaby się metodą odkrywkową (*cut-and-cover*) oraz drążoną (wykorzystanie TBM – *Tunnel Boring Machine*). Stacje zostałyby wykonane w jasnych kolorach i uwzględniałyby również potrzeby osób niepełnosprawnych.

Tabela 1

Porównanie systemów: metra, tramwaju i Light Rail pod względem parametrów taboru [6]

Tabor		Minimetro	Tramwaj	Light Rail
Długość	[m]	26,4	34,6	34,6
Szerokość	[m]	2,65	2,65	2,65
Wysokość	[m]	3,4	3,4	3,4
Wysokość podłogi	[m]	0,85	0,35	0,35
Masa tona szacunkowa	[t]	30	40	40
Szerokość drzwi	[mm]	1600	1600	1600
Typ drzwi		odskokowo-przesuwne		
Liczba miejsc do siedzenia		32–56	62–78	62–78
Liczba miejsc do stania		136–173	160–176	160–176
Całkowita liczba miejsc		192–205	238	238
Prędkość maksymalna	[km/h]	80	80	80
Przyspieszenie	[m/s ²]	1,3	1,3	1,3
Opóźnienie	[m/s ²]	1,2	1,3	1,3
Prędkość maksymalna	[km/h]	80	80	80
Minimalny promień łuku na szlaku	[m]	240	20	20
Minimalny promień łuku w zajezdni	[m]	50	20	20
Maksymalne pochylenie	[‰]	60	40	60
Minimalna średnica tunelu	[m]	4,9	0	5,1
Maksymalna długość pociągu	[m]	53	35	70
Długość peronu	[m]	53	32	70
Wysokość peronu	[m]	0,85	0,3	0,3
Pobór prądu		750 V DC, trzecia szyna	750 V DC, sieć trakcyjna	
Sygnalizacja		całkowicie automatyczna	tylko na torowiskach wydzielonych	
Częstotliwość kursowania	[s]	90	150	150

Tabela 2

Porównanie systemów: metra, tramwaju i Light Rail pod względem parametrów infrastruktury [6]

Tabor		Minimetro	Tramwaj	Light Rail
Prędkość maksymalna	(km/h)	80	80	80
Minimalny promień łuku na szlaku	(m)	240	20	20
Minimalny promień łuku w zajezdni	(m)	50	20	20
Maksymalne pochylenie	(‰)	60	40	60
Minimalna średnica tunelu	(m)	4,9	0	5,1
Maksymalna długość pociągu	(m)	53	35	70
Długość peronu	(m)	53	32	70
Wysokość peronu	(m)	0,85	0,3	0,3
Pobór prądu		750 V DC, trzecia szyna	750 V DC, sieć trakcyjna	
Sygnalizacja		całkowicie automatyczna	tylko na torowiskach wydzielonych	
Częstotliwość kursowania	(s)	90	150	150
Etap		1 1+2+3	1 1+2+3	1 1+2+3
Długość	(km)	11 22	11+2 22	11 22
w tunelach/na poziomie ulic		5/0 8/0	0/5+2 0/8	4/1,5 5/2
Liczba skrzyżowań		0 0	4–5 ~15	~4–5 15
Liczba stacji/w tunelach		11/6 23/8	14/0 27/0	12/4 25/4

Tramwaj

Potencjalne tramwaje, obsługiwane przez człowieka, mogłyby kursować z częstotliwością 2,5 min, jednak ich wprowadzenie wymagałoby istotnej przebudowy systemu sygnalizacyjnego w mieście, ponieważ potencjalna sieć tramwajowa mocno ingerowałaby w dotychczasowy system ruchu ulicznego. Można wręcz powiedzieć, że wprowadzenie tramwajów na ulice Kopenhagi wymusiłoby znaczącą przebudowę systemu sygnalizacyjnego. Tramwaje byłyby zasilane z napowietrznej sieci trakcyjnej. Zakupiono by wagony tramwajowe niskopodłogowe, długości 35 m i miejscach dla 230 pasażerów. Odległość między przystankami tramwajowymi wynosiłaby 500 m. W porównaniu z pociągami metra, wagony tramwajowe generowałyby niższy poziom hałasu i drgań. Przeniesienie infrastruktury terenu (sieć elektryczna, rurociągi) w przypadku budowy sieci tramwajowej jest około 3 razy droższe niż budowy sieci metra.

System kolei miejskiej Light Rail

System ten łączy pewne cechy metra i tramwaju: w centrum miasta pociągi Light Rail kursują w tunelach, jak pociągi metra, natomiast na przedmieściach – jak tramwaje (tory znajdują się na powierzchni gruntu). Częstotliwość kursowania wynosiłaby 2,5 min. Długość peronów wynosiłaby 70 m, a przy odbiorze prądu z górnej sieci trakcyjnej koniecznością stałaby się budowa tuneli o większej średnicy oraz większych stacji (o zwiększonej wysokości w stosunku do stacji metra), z peronami wyspowymi. Potencjalny tabor byłby zbliżony do tramwajowego. Dodatkowo, wszelkie zakłócenia w ruchu ulicznym byłyby transferowane na sieć Light Rail.

Porównanie systemów metra, tramwajowego i Light Rail pod względem parametrów taboru i infrastruktury zestawiono w tabelach 1 i 2.

Analizowano także bezpieczeństwo eksploatacji poszczególnych środków transportu pod kątem potencjalnych wypadków czy katastrof na podstawie danych zebranych od systemów Light Rail w Chicago, Frankfurtcie, Göteborgu, Lille, Londynie, Lyonie, Manchesterze, Stuttgarcie, Tuluzie, Vancouver, Wiedniu i Zurychu, oraz wypadków odnotowanych na sieciach kolejowych Danii – DSB, Szwecji – SJ i Wlk. Brytanii – BR, a także pożarów w tunelach kolejowych. Uwzględniono następujące sytuacje:

- kolizja z człowiekiem,
- zderzenie z samochodem,
- wykolejenie,
- zderzenie z innym pojazdem,
- pożar w pojeździe,

- pożar w tunelu lub podziemnej stacji,
 - porażenie prądem z sieci trakcyjnej lub trzeciej szyny.
- Zestawienie statystyczne podano w tabelach 3 i 4.

Tabela 3

Porównanie stopnia bezpieczeństwa w trzech systemach [6]

		Minimetro	Tramwaj	Light Rail
Prawdopodobieństwo katastrofa		0,0004	0,0000	0,0003
wypadku i ich	wypadek ciężki	0,0013	0,0017	0,0044
konsekwencje	wypadek poważny	0,3000	1,1000	0,9000
(w skali roku	wypadek mniejszy	0,5100	3,6000	2,7000
w etapie 1)	wypadek lekki	7,0000	50,0000	38,0000
Liczba ofiar na rok		0,3	1,1	1,0
Liczba pasażerów	[mln/rok]	329,0	149,0	288,0
Liczba ofiar	[pas./1 mld pas.km]	100,0	787,0	339,0

Wnioski:

- pojazdy poruszające się na poziomie ulic powodują zwiększenie liczby lżejszych wypadków;
- pojazdy poruszające się w tunelach powodują zwiększenie liczby cięższych wypadków lub katastrof, jednak te zdarzają się bardzo rzadko;
- pojazdy bez maszynistów wprawdzie redukują ryzyko zderzenia się z innym pojazdem, jednak zwiększa się ryzyko zderzenia z człowiekiem;
- największy wzrost przewozów pasażerów oferuje system metra, najmniejszy – tramwaju.

Tabela 4

Porównanie kosztów budowy trzech systemów kolei miejskiej [6]

		Minimetro	Tramwaj	Light Rail
Koszt budowy etapu 1	[mln DKK]*	3600	2000	3700
Koszt budowy całego systemu	[mln DKK]*	5200	3900	4900
Wartość netto w 1995 r.	[mln DKK]*	1500	1900	1700
Stożenie amortyzacji	[%]	2,4	0,5	2,0
Indeks socjalno-ekonomiczny [wartość/pas.km/rok]		100	13	50
	[mln pas.km]	329	149	288
Koszt całkowity/pas.km/rok	[indeks]	100	163	106

*1 DKK = 0,1342 euro

Za budową metra przemawiały następujące argumenty:

- najkorzystniejsze: czas dojazdu, częstotliwość kursowania, atrakcyjność i bezpieczeństwo dla pasażerów;
- mniejsze zakłócenia dla życia mieszkańców podczas budowy systemu z porównaniu z systemem tramwaju;
- metro jest wprawdzie najdroższe w budowie, lecz z perspektywy czasu oraz względów socjalno-ekonomicznych jest najkorzystniejsze.

Zwycięża metro

Wstępny projekt budowy systemu transportowego, opartego na komunikacji szynowej w stolicy Danii, został zatwierdzony przez Parlament w czerwcu 1992 r. W tym celu powołano spółkę Ørestadelskabet I/S, utworzoną przez władze miejskie Kopenhagi (45%) i Ministerstwo Finansów Danii (55%). Decyzja o wyborze właśnie metra zapadła w październiku 1994 r., natomiast umowa o budowę metra została podpisana w październiku 1996 r. pomiędzy Copenhagen Metro Construction Group (COMET) i Ansal-



Stacja metra Lufthaven, linia M2 (30.04.2010 r.)



Stacja Kastrup, linia M2 (30.04.2010 r.)



Stacja Femøren, linia M2 (30.04.2010 r.)

doBreda na dostawę taboru i systemu zabezpieczenia ruchu. COMET została spółką utworzoną przez konsorcja:

- Astaldi S. p. A (I),
- Soletanche Bachy (UK),
- SAE-International (F),
- Ilbau Gesselschft GmbH (A),
- NCC Rasmussen & Schiøtz Anlæg (DK),
- Tarmac Construction Ltd. (UK).

Pierwsza faza budowy systemu metra w Kopenhadze rozpoczęła się w jesieni 1996 r. Prace wykonywało konsorcjum

Ørestadsselskabet rozpoczynając od przenoszenia uzbrojenia terenu (rur kanalizacyjnych, przewodów elektrycznych) poza teren, gdzie miały powstać przyszłe stacje. W sierpniu 1997 r. rozpoczęto budowę zajezdni, a na przełomie października i listopada 1997 r. dostarczono dwa TBM, Oliwa o imionach Liva i Bette. Drażenie tuneli rozpoczęto na wyspie Brygge w lutym 1998 r. Stosowano także metodę Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT) i odkrywkową (*cut-and-cover*). Zewnętrzna średnica tunelu wynosiła 5,5 m, wewnętrzna – 4,9 m. Obecnie pociągi poruszają



Odcinek metra między stacjami Femøren i Kastrup, linia M2 (30.04.2010 r.)



Wjazd do tunelu tuż przez stację Lergravsparken, linia M2 (30.04.2010 r.)



Stacja Lergravsparken, linia M2 (30.04.2010 r.)

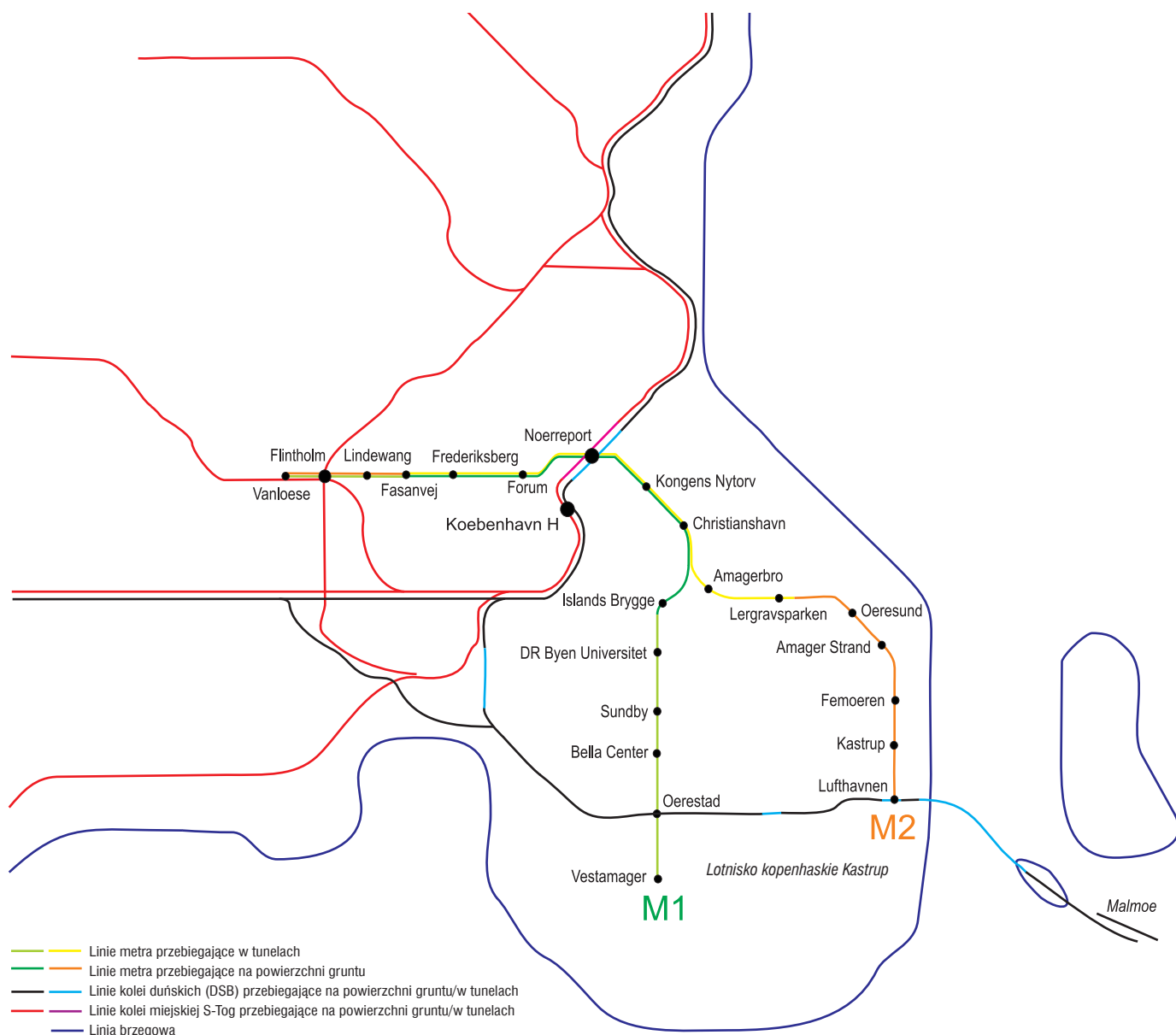
się w tunelach dwunitekowych, przy czym w każdym z tuneli znajduje się wyjście awaryjne co 600 m, a pociąg w dowolnej chwili nie znajduje się dalej niż 300 m od tego wyjścia. W tym samym czasie otrzymano od duńskiego UTK zgodę na eksploatację pociągów bezobsługowych. Jako ciekawostkę można przytoczyć fakt, że jeden z odcinków metra między stacjami Fasanvej i Frederiksberg był wcześniej obsługiwany przez kolej miejską (zamknięty w czerwcu 1998 r.). Pierwszy odcinek tunelu metra kopenhaskiego był gotowy we wrześniu 1998 r., a do grudnia 1998 r. zainicjowano prace w 9 miejscach (stacjach). W maju 1999 r. dostarczono pierwsze pociągi i na terenie zajezdni rozpoczęto próby z ich udziałem. Pierwszy odcinek tuneli metra – z Solbjerg to Vanløse – był gotowy w styczniu 2000 r., natomiast do lutego 2001 r. wszystkie tunele metra były ukończone. Jako pierwszy wybudowano odcinek środkowy (etap 1), następnie zachodni (etap 2a i 2b) oraz jako ostatni – wschodni (etap 3). Pierwszym otwartym fragmentem sieci metra był odcinek biegnący z Nørreport do Lergravsparken i Vesterpor w październiku 2002 r.

Budowa linii i wydawanie certyfikatów dopuszczenia do ruchu dla pojazdów bazowało na niemieckim systemie BOStrab (*Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen*) i serwisowanego przez TÜV Rheinland i Det Norske Veritas, we współpracy z duńskim UTK. Tory (UIC 54) na odcinkach podziemnych położono na podłożu betonowym, bezpodsypkowym, natomiast na odcinkach przebiegających na powierzchni gruntu – na podłożu z podsypki tłuczniowej. Między torem a podkładem znajdują się gumowe wkładki antywibracyjne. Długość peronów wynosi 60 m – na stacjach przesiadkowych z koleją miejską S–Tog długość ta zwiększa się do 80 m, a szerokość stacji wynosi 20 m. Na odcinkach naziemnych pociągi poruszają się na osobnych wiaduktach. Przebieg odcinka od Vanløse do Frederiksberg pokrywa się z dawną linią Frederiksberg, biegnącą po nabrzeżu. Zajezdnia metra – Ørestad oraz centrum kontroli ruchu – Kontrolø vedligeholdelsescenteret (KVC) zajmuje powierzchnię 11 000 m² i znajduje się w pobliżu południowego zakończenia linii M1. Łączna długość torów wynosi 5 km, przy czym 0,8 km stanowi tor do przeprowadzania prób.

Uroczysta inauguracja odbyła się z udziałem głowy państwa duńskiego – JW. Królowej Małgorzaty II. Początkowo pociągi kursowały z częstotliwością 12 min, wkrótce 9 min i ostatecznie 6 min. Za prawidłowe funkcjonowanie systemu odpowiada koncern Ansaldo wraz z Serco Group. W październiku 2007 r. firmę Serco Group zastąpiła Azienda Trasporti Milanese. W tym samym roku dokonano zmiany właściciela sieci metra – na Metroselskabet I/S.

Sieć metra składa się z dwóch linii – M1 i M2. Na odcinku od Vanløse do Christianshavn obie linie mają wspólny przebieg (7,4 km), a na stacji Christianshavn rozdzielają się na dwie odnogi – obie biegnące na południe. Linie M1 i M2 mają następującą charakterystykę:

- M1 (zielona) – 13,7 km długości, 15 stacji;
- M2 (żółta) – 14,2 km długości, 16 stacji;



Schemat sieci metra, sieci kolejowej DSB i kolei miejskiej S-Tog w Kopenhadze

- przebieg wspólny – 7,4 km i 9 stacji;
- w tunelach znajduje się 10 km linii i 9 stacji, w tym 6 głębokich, pod powierzchnią gruntu od 20 do 30 m.

W kwietniu 2008 r. metro kopenhaskie otrzymało nagrodę w konkursie MetroRail 2008 jako najlepszy system metra na świecie. Ocenę wystawiono na podstawie punktualności kursowania, satysfakcji pasażerów i sprawnego dojazdu na lotnisko. Liczba przewożonych pasażerów szybko się zwiększała – w 2002 r. było 3 mln, rok później – 20 mln, w 2004 r. – 34 mln. Metro przewiozło w 2008 r. 47 mln osób, czyli średnio 149 tys. każdego dnia.

Planowana jest budowa linii M3 i M4, tzw. okrężnej (M4 stanowiłaby fragment M3), gdzie znalazłby się stacje położone w pobliżu Parlamentu, miejskiego Ratusza oraz głównego dworca kolejowego Kopenhagi. Jednak nie ma jeszcze formalnej decyzji o rozpoczęciu budowy. Linia M3 miałaby 15 km długości i 17 stacji. Wstępne zapowiedzi mówią o rozpoczęciu prac w latach 2010–2011.

Tabor

W metrze kopenhaskim zastosowano pociągi bez maszynistów, wyprodukowane przez włoski koncern AnsaldoBreda. Są to trójwagonowe zespoły trakcyjne, dwukierunkowe, przy czym środkowe wózki są wózkami Jacobsa. Podobne pociągi zamówiły dla własnych systemów metra – władze miejskie Brescii, Mediolanu (linia nr 5), Salonik (Grecja), Tajpej (stolica Tajwanu; żółta linia), Rzymu – linii C metra. Do obsługi pierwszego odcinka zamówiono 19 pociągów, zaś wraz z elongacją sieci – kolejnych 7 i 8 pociągów. Zespoły wyprodukowane przez koncern AnsaldoBreda są zestawiane od trzech do sześciu wagonów, długości od 39 do 109 m. Ich szerokość wynosi 2,65 m, z wyjątkiem metra rzymskiego, dla którego przyjęto szerokość 2,85 m. Układ siedzeń wewnątrz urządzono w systemie 2+2 *vis à vis*, a wewnątrz w kolorach: zielonym, białym i żółtym. Wysokość wagonów waha się od 3,4 m do 3,85 m. Stylistykę tych wagonów opracowała włoska agencja Giugiaro Design.

Pociągi są napędzane silnikami asynchronicznymi o mocy od 105 kW do 128 kW, co daje łączną moc pociągu od 630 kW do



Skrzyżowanie linii metra M1 z linią kolejową Kopenhaga – Lotnisko Kastrup – Tunel + Most Øresund – Malmö (na dolnym poziomie pociąg Øresund, na górnym – pociąg metra), stacja – metra i kolejowa – Ørestad (1.05.2010 r.)



Odcinek metra między stacjami Ørestad i Bella Center, linia M1 (1.05.2010 r.)



Wjazd to tunelu tuż przez stację Islands Brygge, linia M1 (1.05.2010 r.)



Stacja Lufthaven, linia M2 (30.04.2010 r.)



Stacja Nørreport, linia M1+M2 (1.05.2010 r.)

764 kW. Silniki trakcyjne są sterowane przez przekształtniki tranzystorowe IGBT. Odbiór prądu odbywa się poprzez trzecią szynę (750 V DC), ewentualnie sieć trakcyjną (1,5 kV DC, linia C metra w Rzymie). Poważniejsze naprawy pociągów wykonywane są u producenta, natomiast w zakładzie naprawczym w systemie ciągłym dyżurują wyznaczone osoby. Zdefektowany pociąg może być holowany z użyciem małej lokomotywy spalinowej. W czasie jazdy pociągów w każdym z nich jest obecny steward, który może służyć pomocą zagubionym pasażerom. Do maja 2002 r. dostarczone 18 pociągów przejechało w ramach testów 100 tys. km.

System bezpieczeństwa i zasilania

Pociągi są sterowane przez system komputerowy. System ATC (*Automatic Train Control*) składa się z trzech podsystemów: ATP (*Automatic Train Protection*), ATO (*Automatic Train Operation*) i ATS (*Automatic Train Supervisory*). System ATP odpowiada za kontrolę prędkości pociągów, zamykanie drzwi przed odjazdem ze stacji i sprawdzanie, czy wyłączniki mają prawidłowe ustawienie. ATP używa mieszanej sygnalizacji blokowej (*Fixed Block Signaling*), z wyjątkiem stacji, gdzie jest zastosowana ruchoma sygnalizacja blokowa (*Moving Block Signaling*). Ten ATP został opracowany i wyprodukowany przez firmę Union Switch & Signal.

System ATO pełni rolę autopilota, który prowadzi pociąg zgodnie z ustalonym rozkładem jazdy oraz zatrzymuje pociąg i steruje pracą drzwi. System ATS steruje pracą sygnalizacji oraz lokalizuje wszystkie pociągi i wyświetla odpowiednie dane w cen-



Pociąg metra, stacja Kastrup, linia M2 (30.04.2010 r.)



Pociąg metra, stacja Femøren, linia M2 (30.04.2010 r.)



Wnętrze pociągu metra (30.04.2010 r.)



Sprzęg automatyczny pociągów metra (30.04.2010 r.)

Tabela 5

Dane techniczne wagonów eksploatowanych w metrze kopenhaskim

Producent	AnsaldoBreda, Włochy
Rok wprowadzenia do eksploatacji	2002
Zestawienie pociągu	3 wagony dwukierunkowe
Liczba zamówionych pociągów	34
Układ osi	Bo'2'Bo'Bo'
Długość pociągu	39 000 mm
Szerokość wagonu	2650 mm
Wysokość wagonu	3400 mm
Poszycie pudła	aluminium
Szerokość toru	1435 mm
Zasilanie	750 V DC, trzecia szyna
Moc pociągu	6×105 kW = 630 kW
Napęd	silniki asynchroniczne
Przekształtniki główne	IGBT
Prędkość maksymalna	90 km/h
Liczba drzwi w pociągu	2×6
Liczba miejsc siedzących	72
Całkowita liczba miejsc	425
Liczba miejsc dla niepełnosprawnych	2

trum sterowania ruchem. Zatrzymanie pociągu może nastąpić poprzez wydanie polecenia do ATP, który funkcjonuje w ten sposób, że w przypadku awarii któregoś z podsystemów, ruch na linii me-



Wnętrze pociągu metra (1.05.2010 r.)

tra jest wstrzymywany. Zasilanie prądem, wentylacja, działanie systemów alarmowych, kamer i pomp powietrza jest regulowane przez osobny system. W centrum kontroli ruchu przebywają stale 4 osoby, które śledzą funkcjonowanie metra na czterech monitorach – dwóch od systemu ATC, jeden – informacji pasażerskiej i jeden za mniej istotne parametry, np. pobór mocy. W metrze zamontowano system *Obstacle Detection System*, który w przypadku znalezienia się człowieka na torach automatycznie uruchamia system alarmowy. Zasilanie podstacji trakcyjnych odbywa



Ślizgacz do odbioru prądu z trzeciej szyny (30.04.2010 r.)



System zabezpieczenia ruchu, stacja Kastrup, linia M2 (30.04.2010 r.)

Zdjęcia M. Graff

się przez przewód WN 10 kV i stację transformatorową 1,5 MVA. Podstacje zasilające znajdują się na stacjach pasażerskich: Vanløse, Solbjerg, Forum, Nørreport, Christianshavn, Amagerbro, Universitet, Bella Center i KVC. Do zasilania urządzeń pomocniczych – klimatyzacji, oświetlenia oraz aparatury kontrolno-pomiarowej itp. służy napięcie 230/400 V AC. Na wypadek przerwy w zasilaniu, zamontowano system UPS (*Uninterruptible Power Supply*).



Literatura

- [1] *Copenhagen's First Metro Line Takes Shape*. International Railway Journal. 1 September 1999.
- [2] Hanselmann U.: *Der Tunnelblick*. DIE ZEIT, Nr. 5, 22. Januar 2004.
- [3] Hinkel W. J., Treiber K., Valenta G. und Liebsch H.: *Gestern–heute–morgen – U-Bahnen von 1863 bis 2010* Schmid Verlag. Wien 2004.
- [4] Jensen T.O.: *Metro undervejs*. Bag om Metroen, Dansk Jernbane-Klub 5/2002.
- [5] *Materiały pozyskane od koncernu AnsaldoBreda*.
- [6] Søndergaard M.: *How Copenhagen Chose an Automatic Minimetro System*. A comparative analysis of 3 Mass Transit Systems. Øresund Development Corporation, Copenhagen, Denmark 1994.
<http://web.archive.org/web/20061009091035/>
- [7] Schwandl R.: *U-Bahnen in Skandinavien – Stockholm, Oslo, Helsinki, København*. Robert-Schwandl-Verlag, Berlin 2004.
- [8] <http://www.m.dk/introduction.pdf>
- [9] <http://www.m.dk/minimetro.pdf>
- [10] <http://www.railway-technology.com/projects/copenhagen/>
- [11] http://m.dk/metroplakat_feb05.pdf
- [12] <http://www.encyclopedia.com/doc/1G1-58673331.html>

XIX Konferencja Naukowa

Pojazdy szynowe

15–17 września 2010 r.

Patronat

JM Rektor Politechniki Krakowskiej

Tematyka ■ zagadnienia dynamiki pojazdów ■ konstrukcja, wytwarzanie i modernizacja pojazdów ■ eksploatacja i niezawodność pojazdów ■ badania i diagnostyka pojazdów szynowych ■ zagadnienia trakcyjne i sterowanie pojazdów ■ logistyka i organizacja transportu ■ efektywność transportu szynowego ■ inżynieria i infrastruktura transportu szynowego ■ bezpieczeństwo w transporcie ■ koleje dużych prędkości

Informacje Politechnika Krakowska, Instytut Pojazdów Szynowych

ul. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

Konferencja POJAZDY SZYNOWE

tel. +48 12 374 33 10, fax +48 12 374 33 11