



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională.
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

METROUL

Partea I

Mircea BEJAN, Ioana BĂLAN

SUBWAY

Most large towns and cities in the world, trying to solve urban transport as efficiently as low pollution.

Travel by Metro provides commercial speed of 30-45 km/h, with traffic up to 90 s duration between two trains, a maximum transport 10,000 passengers per train (of 6 cars) and distances between stations of 600-1000 m. In recent years, have built automated metro systems without conductor/driver, which are directly controlled from a control centre. It is estimated that one kilometre of underground line costs 30 million Euros.

It presents some generalities on the metro, public transport it, looking at the short subways in London, Budapest, Paris, Madrid and Bucharest.

Cuvinte cheie: transport urban, metrou greu, metrou ușor, sisteme automate de conducere, diferite linii de metrou în Londra, Budapesta, Paris și București

Keywords: transportation, subway hard, light rail, automated management, different subway lines in London, Budapest, Paris and Bucharest

1. Unele considerații privind transportul public

Majoritatea municipiilor mari și metropolele din lume, încearcă să rezolve transportul urban cât mai eficient cu o poluare cât mai mică. Analizele făcute de diferite municipalități din Europa, Japonia și SUA au concluzionat că poluarea marilor orașe poate fi redusă drastic dacă se asigură un transport urban bine organizat bazat pe mijloace moderne

de transport electric, în special care să utilizeze rețele de metrou subteran și de suprafață (pe trasee speciale, inclusiv metrou ușor¹), completat cu linii de legătură care să folosească tramvaie, troleibuze și autobuze hibride și electrice bazate pe pile de combustie conectate în paralel cu baterii moderne de acumuloare electrice.

O rețea puternică de transport urban reduce în mod substanțial numărul de autoturisme folosite, poluarea putând fi mult diminuată; printr-o bună organizare a transportului electric urban se poate asigura și o deplasare optimă a pasagerilor din marile orașe cu un confort acceptabil și cu limitarea drastică a accidentelor pietonilor și a bicicliștilor. Se propune realizarea a două inele de transport la nivelul unui oraș: *inelul interior*, pe care să circule în primul rând tramvaie și troleibuze, dar și automobile, autobuze, pentru că un trafic fluent reduce cu 10-20 % consumul de energie pentru toate tipurile de transport; *inelul exterior* pe care să circule în primul rând trenurile de metrou greu și ușor, apoi tramvaie și troleibuze, pe linii separate, și apoi pe benzi normale (2-3 benzi de circulație) vehiculele grele, autobuze, automobile.

Transportul cu metroul asigură o viteză comercială de 30-45 km/h, cu un trafic de circulație de până la 90 s durata între două trenuri, un transport de maxim 10.000 de călători pe tren (format din 6 vagoane) și cu distanțele dintre stații de 600-1.000 m.

Se apreciază că un km de linie de metrou costă minimum 30 de milioane de euro.

Recomandarea Europeană COM (2007) 551 final precizează:

■ Deoarece problema vitală a mobilității urbane necesită un efort substanțial din partea colectivelor de la nivelurile locale, regionale, naționale și europene, având nevoie de cooperare și coordonare la nivel european, Uniunea Europeană trebuie să-și atribuie rolul de coordonare și de focalizare a atenției în această direcție.

■ Uniunea Europeană trebuie să promoveze și să suporte continuu extinderea, reabilitarea și modernizarea unui transport curat public urban prin utilizarea de mijloace de transport electric: troleibuze, tramvaie, metrouri, trenuri suburbane ca și alte proiecte de transport urban.

■ În acord cu un studiu recent, peste 40 % din tramvaie și metroul ușor din vechile 15 state din Uniunea Europeană și respectiv peste 60 % din dotarea cu mijloace de transport electric din

¹ care să asigure o circulație liberă a tramvaielor (cu bariere automate care să întrerupă circulația altor vehicule la trecerea tramvaiului).

noile state ale UE au o vechime mai mare de 20 de ani și trebuie înlocuite până în anul 2020.

Poluarea aerului și poluarea sonoră se accentuează an de an. Traficul urban este responsabil pentru 40 % din emisiile de CO₂ și 70 % din emisiile de alți poluanți ce apar în transportul urban.

Creșterea permanentă a traficului în orașe duce la o cronică congestionare a acestuia, conducând la mari întârzieri în trafic și la o poluare puternică. La nivelul UE, pierderile anuale în economie ca rezultat a acestui fenomen sunt apreciate la 100 miliarde euro sau 1 % din PIB-ul UE².

Tabelul 1

Nr. crt.	Mijloc de transport	Viteza comercială km/h	Distanța dintre stații m
1	Metrou greu (de subteran)	40-70	800-1500
2	Metrou ușor (2-3 vagoane de tramvai cuplate) cu traseu autonom	30-50	400-700
3	Trenuri electrice rapide de centură și legături între cartiere	40-60	1000-1500
4	Tramvai	12-15	350-500
5	Troleibuz	12-15	350-450
6	Autobuz	15-30	350-450
7	Maxi taxi	15-35	350-450
8	Automobil	15-45	-
9	Bicicletă	10-12	-
10	Trotuare rulante	3-5	-
11	Automobil electric (cu pilă de combustie și baterie de acumulatori în paralel)	15-40	-

În tabelul 1 sunt sistematizate vitezele comerciale și distanțele dintre stații pentru principalele mijloace de transport folosite în traficul urban.

2. Generalități privind metroul

Micul dicționar enciclopedic indică (Editura Enciclopedică Română, București, 1972, pag. 582): **metrou** (<fr.) s.n. Mijloc de transport în comun pe cale ferată urbană subterană, cu trenuri rapide, alcătuite obișnuit din 3-8 vagoane. Calea se montează în tuneluri care

² În Uniunea Europeană, mai mult de 60 % din populație trăiește în aria urbană, în această zonă orășenească fiind creat 85 % din produsul intern brut – PIB (municipiile și localitățile urbane conduc economia europeană).

au adâncimi între 1,5 și 60 m de la suprafața terenului. Primul metrou a fost construit la Londra (1860-1863). Sin. *Metropolitan*³.

În România și în alte țări, mai ales cele care vorbesc limbi romanice sau limbi slavice, termenul *metrou* sau *metro* este cel mai



Fig. 1 Trenuri din Metroul parizian cu roți de cauciuc

comun. În alte țări, se folosesc alte denumiri pentru același fel de sistem: • *U-Bahn*, în Germania și Austria; • *Underground* sau *Tube* în Londra; • *Subway* în Statele Unite ale Americii; • "*EI*" *train*, numit și "*L*" *train* în Chicago; • *Tunnelbana* în Stockholm; • *Tunnelbane* în Oslo.

Un **sistem de metrou** este o formă de transport urban care

utilizează trenuri. O definiție a unui sistem "adevărat" de metrou trebuie să includă următoarele condiții: sistemul este urban și folosește trenuri electrice; sistemul este total independent de alt trafic; sistemul are o frecvență mare de serviciu. Sisteme de metrou se găsesc în aproape toate orașele principale ale lumii. Majoritatea trenurilor de metrou sunt electrice, cu roți de oțel, mergând pe două șine de oțel. Electricitatea este canalizată/dirijată printr-o șină mijlocie care se cuplează cu mijlocul trenului, sau direct prin cele două șine. În majoritatea cazurilor, o porțiune apreciabilă, importantă a șinelor trebuie să fie subterane. În

³ **METRÓU**, *metrouri*, s. n. Mijloc de transport în comun pe cale ferată urbană subterană, mai rar aeriană sau la nivelul solului; tren subteran, metropolitan (2). [Var.: **metró** s. n.] – Din fr. **métro**. **METRÓU** ~ri n. 1) Cale ferată subterană cu tracțiune electrică, care servește la transportul în comun. 2) Tren electric care circulă pe o astfel de cale ferată. /<fr. **métro**. **METRÓU (METRÓ)** (< fr.) s. n. Mijloc de transport în comun pe cale ferată urbană, cu precădere subterană, cu trenuri rapide, alcătuite obișnuit din 3-8 vagoane. În m. subterane, calea ferată se montează în tuneluri care au adâncimi până la 60 m. Primul m. din lume a fost construit la Londra (1860-1863). Cele mai extinse rețele de m. sunt: la New York (1868, peste 500 km), Londra (408 km), Paris (1900, peste 300 km), Berlin (1902, 235 km), Moscova (1935, 230 km), Tōkyō (1927, 155 km), Ciudad de Mexico (1902, peste 140 km), Seul (1972, 120 km). **M.** din Moscova transportă cei mai mulți călători (mai mult de 2 miliarde pe an). În România, construcția primei linii de m. a început în 1975, în București, fiind dată în folosință la 16 nov. 1979; ulterior, s-au construit încă două magistrale, în prezent rețeaua având o lungime de peste 60 km. Sin. *Metropolitan* (2).

țări vorbitoare de limbă engleză, aceste sisteme se numesc frecvent *subway* sau *underground*, în țările vorbitoare de germană numindu-se U-Bahn. Dacă majoritatea șinelor sunt situate la suprafața solului (șine elevate), sistemul se poate numi *tren elevat* (El-train în engleză), sistemul fiind ori sistem de tramvai sau metrou ușor, sau sistem de trenuri urbane precum este RER în Paris sau S-Bahn în Germania și Austria.

Sistemele cu o capacitate mai mică se numesc *căi ferate ușoare* sau *metrou ușor* (sistemul Docklands Light Railway în Londra, linia 41 de tramvai din București - metroul ușor din București, sau în orașul polonez Poznań - metroul ușor din Poznań). Un **metrou ușor** sau **sistem de capacitate medie**, în transportul feroviar, este un tip de transport rapid urban, intermediar între sistemele urbane feroviare (metrou) și calea ferată tradițională. Este introdus în zone care necesită un tranzit rapid, dar în care construirea sistemelor menționate nu ar fi profitabilă. Uneori, metroul ușor servește ca legătură între două sau mai multe ramuri ale sistemului de metrou, sau între sistemul de metrou și un centru de transport situat în afara orașului, spre exemplu un port maritim sau un aeroport. Uneori, un sistem de „metrou ușor” este de fapt o linie de tramvai cu unele segmente ale traseului separate de restul rețelei și de infrastructura rutieră. Spre deosebire de metroul normal sau *metroul tare*, metroul ușor circulă de obicei la nivelul solului.

Sistemele care nu sunt subterane, folosesc același sistem ca trenurile de pe liniile interurbane - adică, primesc electricitatea din cabluri situate deasupra trenului.

Mai rar, se găsesc trenuri cu roți de cauciuc, exemplificând unele linii din Metroul din Paris și Montreal. Metroul pe pneuri a fost introdus de firma franceză Michelin în 1951.

În sisteme unde înălțimea deasupra solului este mare, ca în zonele muntoase, trenurile pot fi construite ca și funiculare (exemplu, Metroul din Lyon). În orașe cu sistem de metrou elevat, se poate folosi forma de monorai, unde trenul călătorește pe o singură șină.



Fig. 2 Metroul din Lyon

În ultimii ani, s-au construit **sisteme de metrou automatizate**, fără conductor/șofer, care sunt controlate direct de la un centru de control. Acestea se pot găsi în Copenhaga,

Singapore, Lille, Paris și alte orașe. Metroul automat a început să funcționeze în 1980. Prima aplicație comercială a fost făcută la Kobe – Japonia. În Franța, în orașul Lille, funcționează din 1983 un mic metrou pe pneuri numit VAL – Vehicule Automatique Léger – fără conducător. Tot în Franța, la Paris, circulă din 1991 un vehicul fără conducător între Paris și Aeroportul Orly.

Metroul din Copenhaga (numit doar *Metro* în daneză) este



Fig. 3 Interiorul unui tren de metrou automatizat, controlat direct de la un centru de control al metroului

sistemul de metrou al capitalei daneze, Copenhaga, sistemul fiind deschis în anul 2002. Trenurile de metrou sunt automatizate și nu au șofer, folosind un sistem numit "Automatic Train Control". Sistemul de metrou are două linii și 17 stații, dintre care nouă sunt subterane și opt sunt supraterane. Toate stațiile au o lungime de 60 m și o lățime de 20 m (excepție stația Nørreport, care are 80 m lungime). Stațiile, platformele și șinele sunt realizate în așa fel că persoanele în scaun cu roțile pot folosi sistemul fără

ajutor extern. Pentru siguranța călătorilor, stațiile subterane au uși de sticlă între șine și platformă, uși care se deschid doar când vine trenul în stație, nepermițând accesul la șine în alt timp. Stațiile supraterane nu au uși de sticlă, dar au senzori care detectează obstacole pe șine, în care caz, trenurile sunt automat oprite. Toate stațiile au puncte de acces telefonic cu Centrul de control al metroului, folosite pentru informație sau în caz de urgență. Design-ul stațiilor a fost realizat de



Fig. 4 Numele de "tube" ("tub") provine de la forma tunelurilor

compania italiană Giugiaro Design. Rețeaua este furnizată de Metro Services A/S, fiind proprietatea companiei Ørestadsselskabet.

Unele linii de metrou sunt construite la mărimea unor linii principale (interurbane), pe când alte sisteme folosesc diferite forme de șine, și trenuri mai mici și mai ușoare. De exemplu, unele

sisteme de metrou folosesc un mod de tramvaie care sunt operate pe șine subterane.

3. Metroul londonez - London Underground

Istoria Metroului londonez începe cu Metropolitan Railway, prima cale ferată subterană pentru transport de pasageri din lume. **În 6 septembrie 1863, la Londra intră în funcțiune primul metrou din lume**, de-a lungul sectorului Victoria Street, de la Paddington până la stația Great Western Railway, cu lungimea de 6,3 km. Tracțiunea



Fig. 5 Un panou indicând numele stației Westminster. Rondelul roșu este simbolul Metroului londonez

subterană a vehiculelor se realiza cu o mașină acționată de abur (tracțiune cu vapori). Linia s-a extins treptat, ajungând ca în 1880 să transporte peste 40 de milioane de călători anual. Tunelele acestei linii au fost construite prin săparea de șanțuri la suprafață și acoperirea acestora, aflându-se la mică adâncime. Datorită avansului tehnic, în anii 1880 s-a putut trece la săparea tunelelor de adâncime mare, așa numitele "tuburi". Metropolitan Railway a evoluat în ceea ce azi este cunoscută

drept Metropolitan line. Imediat după inaugurarea Metropolitan Railway s-a trecut la construcția altor linii, care azi formează District Line, Hammersmith & City Line și East London Line. În 1884 s-a încheiat și construcția "cercului" care ocolește zona centrală a Londrei, astăzi Circle Line.



Fig. 6 Metroul în stația Green Park

În perioada 1890-1891 se introduce tracțiunea electrică, intrând în funcțiune, la Londra, calea ferată electrică subterană (secțiune a metroului londonez), numită „tubul de fier”, cu mai multe treceri/traversări pe sub Tamisa. **London Underground (Metroul londonez)** este cea mai veche rețea de metrou din lume și în același timp o componentă cheie a sistemului de transport

în comun în Londra. Este numit în mod familiar și **the Tube**. Pe lângă

funcția sa practică, Metroul londonez este și un monument istoric și o atracție turistică de sine stătătoare.

Prima linie, *City & South London railway*, s-a deschis în 1890, ulterior urmând și alte linii. Fiecare linie era operată de o companie diferită, ceea ce producea destule neplăceri, pasagerii fiind nevoiți să iasă la suprafață pentru a schimba o linie cu alta. La 9 aprilie 1902, magnatul american Charles Yerkes a cumpărat majoritatea acestor companii, consolidându-le într-una singură numită *Underground Electric Railways of London Company Ltd*. În 1933 a apărut corporația publică *London Passenger Transport Board*, sub tutela căreia au fost plasate companiile operatoare de trenuri de metrou. În timpul celui de-al doilea război mondial, stațiile de metrou au servit ca buncăre pe timpul raidurilor aeriene, sau chiar ca fabrici de muniții. După război, numărul călătorilor a crescut constant, ajungându-se la dese perioade de congestie. S-au construit noi linii de adâncime, Victoria Line în anii 1960 și Jubilee Line în anii 70, extinsă în 1999. De asemenea, linia Piccadilly a fost extinsă până la aeroportul Heathrow. Din anul 2000, Metroul londonez este în proprietatea și administrarea companiei publice de transport a Londrei mari, *Transport for London* (TfL). Liniile de metrou au fost parțial privatizate în 2003, printr-un parteneriat public-privat între TfL și două consorții de firme, Metronet respectiv Tube Lines. Parteneriatul are ca scop principal renovarea totală a șinelor, a instalațiilor de semnalizare, a stațiilor și a ramelor de tren de pe toate cele 12 linii de metrou (superficiale și de adâncime). Investiția este enormă (de ordinul zecilor de miliarde de lire sterline), renovarea preconizându-se să se încheie în anii 2020. Metroul rulează în subteran în zona centrală a Londrei și iese la suprafață în suburbii (cu excepția liniilor Victoria și Waterloo & City, care sunt subterane pe toată lungimea lor). Marea majoritate a rețelei de metrou se găsește la nord de Tamisa, întrucât terenul accidentat nu a permis dezvoltarea rețelei feroviare clasice (de suprafață) în acea zonă (spre diferență, sudul Londrei este foarte bine deservit de curse feroviare suburbane). Liniile superficiale se află la aproximativ 5 m sub pământ și au fost construite prin săpare și acoperire, ecartamentul lor fiind cel normal. Liniile de adâncime sunt executate în tunele circulare, aflate la adâncimi de 20 până la 50 m. Diametrul tunelelor este mic, de doar 3,6 m în unele cazuri, de aceea și ecartamentul șinelor este mai mic decât cel standard.

Prof.Dr.Ing. Mircea BEJAN

Ing. Ioana BĂLAN

Camera de Comerț și Industrie METZ – Franța
membri AGIR