



Riepilogo di sistemi di trasporto innovativi

Prof. Ing. Bruno DALLA CHIARA^(), Dott. Ingg. Paolo DEGIOANNI, Francesco Paolo FUMAROLA*

1. Introduzione

L'articolo fornisce un breve inquadramento sui cosiddetti "sistemi di trasporto innovativi", vale a dire impianti utilizzati per il trasporto di persone che si discostano in parte o in tutto dalle tradizionali tecnologie su gomma o ferroviarie. Essi sono caratterizzati dalla circolazione in sede protetta ed esclusiva e dal ricorso all'automazione integrale.

I successivi paragrafi inquadrano una breve storia di questi sistemi ed introducono il tema dei trasporti non convenzionali in ambito urbano.

2. Storia ed evoluzione dei sistemi di trasporto innovativi⁽¹⁾

I primi sistemi di trasporto urbano di massa furono utilizzati a partire dalla fine dell'800. In particolare è in quel periodo che nacquero le metropolitane, la cui storia è strettamente legata a quella delle grandi città. Alla fine del XIX secolo, prima dell'utilizzazione della trazione elettrica, già esistevano nel mondo alcune reti metropolitane: si ricordano quelle di Londra del 1863, di New York del 1867 (fig. 1), di Chicago del 1892 e di Budapest del 1896 (fig. 2).

Fino alla fine della seconda guerra mondiale i sistemi di trasporto nelle grandi città erano affidati ai sistemi tra-

dizionali (autobus, filobus, tram e metropolitane). In seguito, numerose città iniziarono a confrontarsi con una situazione prima di crescita poi, talvolta, di crisi della mobilità: la crescita forte della motorizzazione privata ebbe luogo a partire dagli anni '50 e nei Paesi industrializzati il mezzo di trasporto più utilizzato divenne l'automobile. Per far fronte a queste problematiche molte in-



Fig. 1 - Una stazione della prima linea metropolitana di New York (1867).



Fig. 2 - La prima metropolitana di Budapest, con motorizzazione a bordo (1896).

^(*) Politecnico di Torino, Dipartimento DITIC-Trasporti.

⁽¹⁾ Un sistema di trasporto "non convenzionale" può essere definito come un sistema di trasporto non comune, poco diffuso, non utilizzato con consuetudine, ma applicato soltanto in situazioni e/o contesti territoriali particolari, in virtù delle caratteristiche tecnologiche e funzionali che lo contraddistinguono.

Un sistema di trasporto "innovativo" può essere invece definito come un sistema di trasporto che introduce elementi di innovazione, contraddistinto cioè da novità riguardanti il veicolo, la regolazione della circolazione, le caratteristiche all'infrastruttura, il rapporto veicolo-via, ecc [2].

Sebbene le due diciture abbiano significati sostanzialmente differenti nella pratica comune sono normalmente usati in maniera indistinta.

OSSERVATORIO

dustrie si dedicarono per la prima volta allo studio e alla messa a punto di sistemi non convenzionali. Va ricordato, tuttavia, che già a partire dagli inizi del XX secolo furono proposti e talvolta attuati alcuni brillanti tentativi di realizzare impianti innovativi. Tra il 1898 e il 1903 fu installata a Wuppertal (Germania) la prima ferrovia sospesa (*Schwebebahn*). Essa entrò in esercizio a tratte successive e subì nel tempo vari ammodernamenti, tra cui uno considerevole nel 1973 (fig. 3) ed uno successivo tra il 1979 e il 1984 con la sostituzione o il rinforzo di alcuni elementi della struttura portante. In tempi recenti è stato deciso di dichiararla monumento nazionale.



Fig. 3 - Monorotaia sospesa (*Schwebebahn*) di Wuppertal.

Ai primi anni del Novecento risalgono anche alcuni esempi di sistemi *con trazione a fune*: a Parigi, Chicago e San Francisco furono costruite le prime tramvie funicolari, nelle quali i veicoli erano trainati non più dai cavalli, bensì da una fune mantenuta in movimento attraverso motori a vapore. Questi esperimenti riscossero successo, tanto che negli anni successivi numerose città americane adottarono soluzioni analoghe. In seguito all'avvento della trazione elettrica si assistette al quasi totale abbandono delle tramvie funicolari: nel 1940 solo San Francisco possedeva ancora questo sistema, che oggi è un'opera storica ed è ancora operativa (fig. 4).

Un notevole slancio verso i sistemi di trasporto innovativi si ebbe a partire dagli anni '60, in parte in seguito alla prima crisi energetica ma anche a causa di una domanda di mobilità divenuta molto concentrata in alcuni contesti urbani e successivamente esigente anche in termini di ridotti tempi di attesa alle fermate [10, 12].

Le realizzazioni iniziali furono quelle di sistemi monorotaia che si ispiravano come principio a quello di Wuppertal, sebbene con soluzioni tecniche differenti [12,

13]. Nel 1957 a Fuhlingen (Germania) fu costruito il sistema Alweg, nel quale si utilizzarono veicoli su gomma appoggiati ad una trave e con guida laterale realizzata mediante ruote di gomma (fig. 5). Un impianto analogo fu realizzato a Torino per l'Expo '61, successivamente sman-

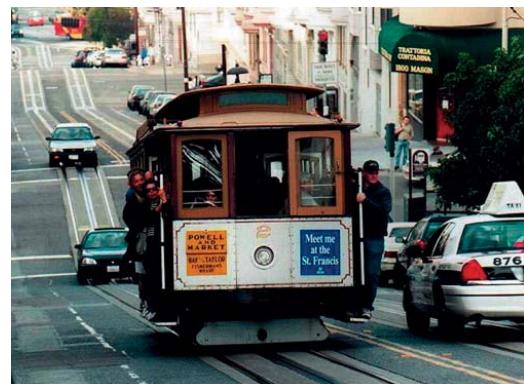


Fig. 4 - Tramvia funicolare di San Francisco.

tellato (fig. 7). Altre monorotaie adottarono la soluzione a veicoli sospesi. La prima di questo tipo fu costruita a Châteauneuf-sur-Loire (Francia) nel 1960 dalla Safegé. La novità consistette nel fatto che il veicolo marciava sospeso ad una trave mediante un carrello con ruote di gomma racchiuso all'interno della trave stessa (fig. 6).



Fig. 5 – Una monorotaia di tipo Alweg in servizio a Kuala Lumpur.

Attualmente i sistemi a monorotaia descritti sono a catalogo di costruttori di sistemi di trasporto, rappresentando un prodotto ormai affermato e sicuro. Gli impianti si differenziano per scelte costruttive differenti quali il tipo di via di corsa (cemento armato, travi d'acciaio) o il sistema di guida (veicolo appoggiato, sospeso alla via di corsa

OSSERVATORIO

o agganciato lateralmente) pur mantenendo il principio base comune ai sistemi a monorotaia oltre che l'automazione integrale. Si ricordano a tal proposito alcune delle ultime realizzazioni come l'*Intamin Monorail* di Mosca (basato sul sistema Alweg), il *Siemens Skytrain* presso l'aeroporto di Dusseldorf (basato sul sistema Safegé), il *Bombardier Skyway* di Tampa e di Jacksonville (basati su siste-

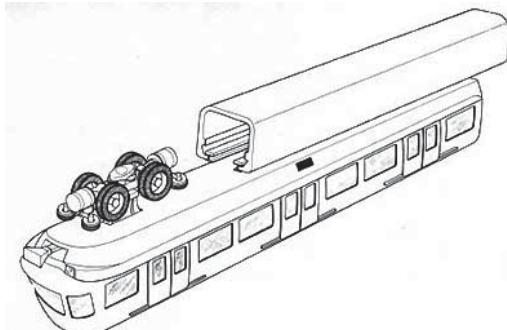


Fig. 6 – Disegno rappresentativo di un veicolo del tipo Safegé.

ma a trave d'acciaio con veicolo appoggiato) o ancora il *Bombardier Monorail* di Las Vegas (basato su sistema Alweg). Fra gli impianti con veicolo sospeso lateralmente si segnalà il *System 21 Monobeam Technology* (fig. 8).



Fig. 7 – Un'immagine della monorotaia realizzata a Torino in occasione del primo centenario dell'unità d'Italia (1961).

Il maggiore interesse verso i sistemi di trasporto non convenzionali apparve evidente in occasione dell'esposizione di Washington '73, quando diversi produttori di automobili, nel tentativo di diversificare la loro produzione e di inserirsi nel promettente mercato del trasporto pubblico, si presentarono con numerosi prototipi e studi sull'argomento. In quegli anni si assistette ad un vero e proprio sviluppo nella realizzazione di impianti al servizio di aeroporti e parchi di divertimento. Nel 1967 la WED realizzò a Disneyland (Florida, USA) un sistema a treni dotati di ruote di ferro ed azionamento a motori lineari che ebbe la funzione di attrazione, tuttora utilizzato con opportuno cambio di veicoli. Un sistema analogo fu inaugurato nel 1976 -

sempre a Disneyland – ed un altro fu installato per la distribuzione dei viaggiatori nell'aeroporto di Houston.



Fig. 8 – Prototipo della monorotaia con sospensione laterale System 21 Monobeam Technology.

Quasi contemporaneamente fu sviluppato il sistema Westinghouse, caratterizzato da veicoli con ruote di gomma e guida centrale che rotolano su una pista (fig. 9). Nel 1971 fu messo in esercizio il primo impianto presso l'aeroporto di Tampa, seguito da Seattle nel '73 e, negli anni '80 e '90, da analoghi sistemi negli aeroporti di Miami (fig. 10), Atlanta, Orlando, Pittsburgh, Denver, ecc.

A partire dai primi anni '80 iniziò lo sviluppo di una seconda generazione di sistemi innovativi, destinati ad essere utilizzati come linee di forza del trasporto urbano [14, 15]. Da realizzazioni in luoghi specializzati (aeroporti, fiere, parchi di divertimento, ecc.) e lunghezza ridotta (qualche chilometro al massimo), si passò a linee di qualche decina di chilometri ed accessibili a tutti. Si utilizzarono sistemi di automazione sempre più affidabili, con conseguente maggiore elasticità di esercizio e potenzialità che raggiunsero le 10.000 persone/ora per direzione. In Giap-



Fig. 9 - Impianto Westinghouse presso l'aeroporto di Orlando (USA).

OSSERVATORIO

pone nel 1981 fu costruita la Kobe Portliner (fig. 11), linea di 6.4 km che adottava il sistema Kawasaki, con veicoli poggianti su gomma e con guida laterale.



Fig. 10 – L'AEG Westinghouse Metromover di Miami (USA) caratterizzato da veicolo singolo, con motorizzazione a bordo veicolo.

La prima metropolitana completamente automatica del mondo fu costruita a Lille (Francia) nel 1983. Il sistema, chiamato VAL (Véhicule Automatique Léger), impiega veicoli su gomma circolanti su apposite vie di corsa in rotaie d'acciaio o in calcestruzzo. Ha una potenzialità che può superare le 12.000 persone/ora per direzione. In seguito sono state realizzate numerose altre linee tra le quali la linea 2 di Lille (1989), Tolosa (1993), Taipei (1996), Torino (2006), Rennes e Chicago.



Fig. 11 - Kawasaki Kobe Portliner (Giappone).

A Toronto, nel 1985, la UTDC realizzò un altro sistema completamente automatico - questa volta con veicoli su ruote d'acciaio - per una linea lunga 7.2 km (fig. 13). Il sistema utilizzava come spinta propulsiva un motore lineare asincrono con induttore a bordo ed indotto sulla sede.

In quegli anni videro la luce anche alcuni sistemi a fune [4, 6]. È il caso dell'SK (fig. 14) di Villepinte (Francia), entrato in esercizio nel 1985, e del sistema POMA 2000 (fig. 15), realizzato nella città di Laon (Francia) nel 1989. Nel 1985 la OTIS ha realizzato a Tampa (USA) e a Serfaus



Fig. 12 – VAL di Lille (Francia).

(Austria) dei sistemi a trazione funicolare e cuscino ad aria (fig. 16).

Nuove proposte in tale contesto sono di recente emerse in campo funivario [5]. Alcune di queste hanno trovato riscontro sul mercato italiano:

- l'impianto Poma 2000 (Agudio, già Poma Italia), costruito nel 1998 ed installato a Cascina Gobba per il



Fig. 13 - Sistema UTDC di Vancouver (Canada).

collegamento tra la tangenziale o la stazione della metropolitana e l'ospedale San Raffaele (Milano); è un impianto a va e vieni con una capienza di 102 persone per convoglio operante su una distanza di 645.6 m, dislivello di 10.5 m, velocità di 10 m/s; fornisce una potenzialità di 1450 passeggeri/ora per direzione, con durata del percorso di 1'20", tre vetture principali, con capienza di 34 persone ciascuna, potenza dei motori principali di 2x164 kW; è un impianto completamente automatico, con vetture senza conducente, guidate e controllate da un posto di controllo centrale con partenza ad orario programmabile; la composizione del convoglio è variabile in funzione della richiesta di portata con l'inserimento di 1, 2 o 3 vetture (fig. 17);

OSSERVATORIO

- l'impianto Minimetrò di Perugia (Leitner), inaugurato a fine gennaio 2008, innovativo sistema di trasporto automatico che, benché basato su esperienze consolidate in materia di impianti di risalita in zone montane, rappresenta un'opera originale nel campo dei si-



Fig. 14 – Il sistema SK, a fune, di Villepinte (Francia), con motorizzazione presso una stazione.

stemi APM; è un impianto automatico, con vetture senza conducente, guidate e controllate da un posto di controllo centrale. Su una linea a doppio binario in acciaio circa di 3 km, scorrono le vetture con ruote in gomma, ciascuna con capienza per 50 passeggeri. Nella massima configurazione l'esercizio, semi-continuo, prevede 25 cabine in linea; è consentito l'ingresso di una nuova vettura mentre un'altra lascia la stazione; l'attesa in stazione è di un minuto, poco più di 10' per attraversare la città ed un parcheggio di interscambio presso la stazione opposta al centro storico. Le vetture viaggiano ammorate ad una fune traente in acciaio a



Fig. 15 – Il sistema POMA 2000, a fune, di Laon (Francia), con motorizzazione presso una stazione.

velocità costante, chiusa ad anello ed azionata da un motore elettrico. In prossimità delle stazioni ogni vettura si sgancia automaticamente dalla fune e si ferma; dopo la fermata per lo sbarco e imbarco dei passeggeri,

viene ri-accelerata da appositi gruppi di ruote gommate ad asse verticale, dette travi di sincronizzazione. Tali batterie gommate agiscono per attrito sui pattini posti lateralmente al veicolo e consentono di gestire la vettura indipendentemente dalla fune, che continua nel suo movimento a girare alla velocità di progetto; la linea è costituita da due vie di corsa, ciascuna servita da uno dei due rami dell'anello di fune; il collegamento tra vettura e fune viene garantito da un sistema di



Fig. 16 – Impianto OTIS, a fune e su cuscino d'aria, a Tampa (USA).



Fig. 17 - Impianto APM "Poma 2000" a Milano, con trazione a fune, in esercizio a va e vieni.

morse automatiche, poste nella parte sottostante del veicolo. La fune attraversa le stazioni intermedie passando sotto le travi di sincronizzazione, con l'ausilio di appositi meccanismi di deviazione. Nei capolinea le vetture invertono il loro moto mediante una piattaforma rotante che preleva le vetture e le rimette nel circuito, inserendole nella via di corsa di ritorno (fig. 18);

OSSERVATORIO

- un nuovo impianto APM è previsto a Venezia, per il collegamento dell'isola del Tronchetto con piazzale



Fig. 18 - Impianto APM "Minimetro", installato a Perugia (gen-
naio 2008) e relativa stazione, in esercizio semi-continuo.

Roma; è stata assegnata (Doppelmayr) l'aggiudicazione provvisoria per la costruzione dell'impianto "Cable Liner Shuttle" lungo 830 metri, con potenzialità di 3.000 persone l'ora per direzione; due trenini da 200 persone l'uno viaggeranno alla velocità di 30 km/h, trainati da una fune d'acciaio chiusa ad anello; impianti APM simili sono stati realizzati a Las Vegas e presso gli aeroporti internazionali di Birmingham e Toronto; un quarto APM è in fase di costruzione nell'aeroporto di Città del Messico.



Fig. 19 – Il Transrapid sul circuito prova di Emsland (Germania).

Gli studi si concentrarono negli anni settanta ed ottanta anche su *impianti a sostentamento magnetico*, sistemi nei quali la compensazione quasi completa del peso del veicolo veniva realizzata mediante attrazione o repulsione ottenuta da elettromagneti o magneti permanenti. La prima realizzazione di questo tipo prese il nome di Maglev (1984) e fungeva da collegamento tra l'aeroporto e la stazione ferroviaria di Birmingham (attualmente sostituito da un impianto APM di tipo funivario). A Berlino fu costrui-

ta la M-Bahn (1988), che collegava la metropolitana ad un centro culturale. In Germania come in Giappone prosegue tuttora la sperimentazione di sistemi ad altissima velocità per scopi analoghi all'alta velocità ferroviaria, ma si stanno sviluppando anche impianti e circuiti di prova per il trasporto urbano. Caratterizzati da soluzioni tecniche differenti i due sistemi in competizione sono il *Transrapid* tedesco (fig. 19) e il Maglev giapponese (fig. 20). Per il primo, dopo un'ampia fase di sviluppo tuttora in corso presso il circuito di Emsland c'è stato l'importante successo della prima realizzazione per servizio commerciale a Shanghai col collegamento centro cittadino-aeroporto di circa 30 km. Per il secondo è stato programmato un nuovo e più lungo circuito di prova da affiancare a quello già gestito dall'RTRI (*Railway Technical Research Institute*) delle ferrovie giapponesi a Miyazaki fin dagli anni '70. Per questo tipo di sistemi resta ancora da superare, sul piano pratico, il problema del consumo energetico, che rappresenta un ostacolo difficile per la diffusione massiccia di questo tipo di impianti e della scarsa flessibilità in termini di realizzazione di stazioni off-line che li rendono più rigidi rispetto ad un comune sistema ferroviario, principalmente per il trasporto di tipo intercity. Fondamentali potrebbero rivelarsi i progressi nello sviluppo di materiali conduttori a bassissima resistenza (superconduttori) per determinarne il successo anche dal punto di vista energetico.

Negli anni '80 a Parigi è stata portata avanti un'interessante sperimentazione su un sistema di distribuzione del tipo porta a porta che prende il nome di Aramis (fig. 21). I veicoli sono di piccole dimensioni e c'è la possibilità da parte dei passeggeri di spostarsi da una qualsiasi stazione del sistema a tutte le altre senza la necessità di trasbordo, grazie alla composizione flessibile dei convogli. A ciascuna diramazione della rete il veicolo è indirizzato verso la propria destinazione. La sperimentazione è stata sospesa nel 1987 a causa dei costi di costruzione proibitivi.

Il sistema Aramis è solo uno dei sistemi sperimentali che appartiene ad una nuova categoria di sistemi di trasporto innovativi definiti PRT (*Personal Rapid Transit*). La



Fig. 20 - Il veicolo MLX01 del sistema Maglev giapponese, ultimo dei prototipi finora prodotti.

caratteristica principale di questi sistemi risiede nell'uso di vetture di piccole dimensioni circolanti su una fitta re-

OSSERVATORIO

te dedicata che realizzano un servizio di tipo porta a porta: si associano in questo modo i vantaggi di un servizio di trasporto di tipo pubblico a quelli derivanti da un servizio puntiforme realizzabile attualmente solo per mezzo delle automobili. Sebbene gli esperimenti e gli impianti di prova nel mondo siano al giorno d'oggi numerosi vi è in generale l'impossibilità, almeno per il momento, di realizzare un primo impianto funzionante per via dell'elevato costo di realizzazione e forse per le ricadute che un tipo di impianto di questo tipo comporterebbe (abbandono dell'auto per l'utilizzo di un sistema pubblico). Un sistema attualmente funzionante con successo - sebbene ancora affatto da guasti - è quello installato a Morgantown (USA) sin dal 1975 ad opera della *West Virginia University* che si

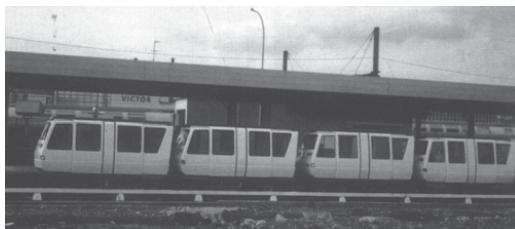


Fig. 21 – Sistema sperimentale Aramis.

è occupata del progetto e al cui campus il sistema è al servizio con cinque stazioni (fig. 22). Un altro progetto di PRT è in fase prototipale (Raytheon PRT2000 – fig. 23) mentre uno è in fase avanzata di studio per collegare Cincinnati (USA) con le città poste sulla sponda opposta del fiume Ohio (Taxi 2000 – fig. 24). Numerosi sono comunque gli studi e i progetti di PRT proposti specialmente in ambito universitario.

Questo breve riepilogo storico dimostra come i sistemi innovativi siano stati apprezzati nel tempo come valida ri-

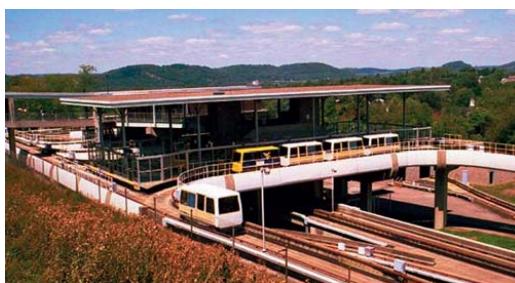


Fig. 22 – Una stazione del sistema PRT di Morgantown (USA).

sposta ad alcune carenze dimostrate dai sistemi tradizionali, specialmente in termini energetici e di efficienza del servizio; nondimeno va dimenticato l'aumento di sicurezza connesso all'introduzione di sistemi di automazione

parziale o integrale. Oggi essi rappresentano una realtà consolidata all'interno degli aeroporti e dei parchi a tema. In questi contesti far circolare impianti completamente automatici è relativamente più semplice, inoltre il ridotto raggio d'azione richiesto fa sì che i costi d'installazione



Fig. 23 – Illustrazione del sistema Raytheon PRT2000.

non siano esorbitanti. Questa quota di mercato è verosimile che si allarghi nel prossimo futuro, includendo anche poli ospedalieri, cittadelle universitarie e grandi complessi commerciali. In questi contesti troveranno prevalentemente applicazione impianti ettometrici a bassa potenzialità di trasporto.

Accanto a questi ambiti sta acquistando più importanza quello rappresentato dalle aree urbane, interessando sia le grandi metropoli che i piccoli centri di provincia. Qui un sistema innovativo si trova a competere con quelli tradizionali in un settore in cui qualità del servizio, affidabilità, sicurezza, basso impatto ambientale e soprattutto costi contenuti sono requisiti fondamentali [8].



Fig. 24 – Il sistema PRT Taxi 2000 proposto per la città di Cincinnati (USA).

OSSERVATORIO

Sempre più diffuso è l'uso di affidarsi a sistemi di trasporto innovativi fra i centri cittadini e gli aeroporti situati molto spesso a chilometri di distanza per collegamenti dedicati, autonomi e veloci [3, 4]. La tendenza potrà essere ancora più in aumento vista la crescita delle grandi metropoli e la necessità di allontanare quanto più possibile l'ubicazione degli aeroporti dal centro cittadino per via del notevole inquinamento acustico associato.

3. Sistemi innovativi per il trasporto urbano

Le più recenti realizzazioni di sistemi non convenzionali in ambito urbano riguardano impianti di derivazione tipicamente metropolitana (quale il VAL di Torino, 2006-2007), oppure sistemi progettati per operare su brevi-medie distanze e in grado di offrire una potenzialità di trasporto generalmente più bassa (cfr. MiniMetro® di Perugia [11]). Quest'ultimi, in particolare, sono identificati come *Automated People Movers* (APM). Si tenga presente che spesso, in letteratura, si utilizza l'acronimo APM per indicare l'intera famiglia dei sistemi innovativi. Qui, invece, si è ritenuto più corretto non seguire questa convenzione, preferendo indicare la famiglia dei sistemi non convenzionali con il termine *Automated Guided Transit* (AGT). L'acronimo americano CAPM (*Cable Automated People Mover*) è utilizzato per indicare un people mover che sfrutta la trazione a fune; in alternativa esiste la dizione inglese: *Rope Automated People Mover* (RAPM).

Facendo una classificazione [2] generale delle potenzialità⁽²⁾ tipiche raggiungibili dai vari modi di trasporto urbano (tabella 1), si può notare come i sistemi innovativi coprano un'ampia fascia di potenzialità, inserendosi tra i sistemi tradizionali di superficie e le metropolitane classiche. In particolare i sistemi innovativi di derivazione metropolitana, con potenzialità fino a circa 25.000 passeggeri/ora per direzione, possono efficacemente costituire la rete di forza nelle città medio-grandi. Gli APM, invece, offrono una potenzialità oraria paragonabile a quella dei tram moderni e delle metropolitane leggere di superficie [1].

Il recente successo dei sistemi urbani di tipo non convenzionale [9, 11, 15] fonda le sue radici nella loro capacità di offrire concrete soluzioni ai problemi che riguardano le aree densamente abitate e che sono legati alla mobilità delle persone: traffico congestionato, inquinamento acustico ed atmosferico, mancanza di parcheggi, per citarne alcuni. Essi coniugano i vantaggi derivati dal ricor-

⁽²⁾ La potenzialità dipende ovviamente dalla capacità dei veicoli utilizzati, oltre che dalla frequenza del servizio: la capacità di trasporto passeggeri è legata alla superficie utile del veicolo. Secondo la norma UNI 8897 riferita ai sistemi di trasporto di tipo metropolitano, si distinguono tre condizioni per valutare tale capacità, considerando indicativamente 4 passeggeri/m² per definire la capacità nominale, 6 passeggeri/m² per la capacità di punta e 8 passeggeri/m² per la capacità a saturazione.

so all'automazione integrale con quelli riconducibili alla circolazione in sede protetta ed esclusiva.

Questi fattori spingono oggi numerose Amministrazioni a valutare con interesse la possibilità di adottare sistemi automatici in grado di decongestionare i centri abitati ed offrire un servizio regolare, continuo, affidabile. Oggi-giorno, infatti, anche le città di medie dimensioni affrontano quotidianamente i problemi legati all'utilizzo diffuso e spesso ingiustificato dell'automobile privata. Si segnala inoltre il vantaggio economico di un sistema di trasporto innovativo per le aziende di trasporto pubblico in virtù dell'elevata automatizzazione che porta a poter disporre di un personale molto meno numeroso a bordo rispetto ad

TABELLA 1
POTENZIALITÀ ORARIA DI DIVERSI SISTEMI
DI TRASPORTO URBANO

	Potenzialità oraria (pass./h/direzione)
Autobus, filobus, tram	~1.000 – 3.000
Tram moderni / metropolitane leggere in sede protetta	~3.000 – 6.000
APM	~2.000 – 8.000
Sistemi innovativi di derivazione Metropolitana	~8.000 – 24.000
Metropolitane classiche	~20.000 – 45.000

un trasporto di tipo convenzionale di pari potenzialità, seppure in genere la tendenza sia quella di aumentare il personale addetto alla *sicurezza*, uno dei nuovi obiettivi, insieme alla *qualità* ed *efficienza*, dei moderni sistemi di trasporto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J.E. ANDERSON, "The future of High Capacity Personal Rapid Transit", proceedings of the AATS (Advanced Automated Transit Systems) in Bologna, novembre 2005.
- [2] AA.VV., "Sistemi di trasporto collettivi avanzati in aree urbane e metropolitane: classificazioni e applicazioni", Laruffa Editore, Reggio Calabria, 2005.
- [3] A. COTE, C. SOULAS, "Les transports collectifs automatisques de courte à moyenne distance", Revue générale des chemins de fer, n.10, pp. 11-24 (10 ref.), Octobre 1998.
- [4] B. DALLA CHIARA (a cura di), "Innovazione nei Trasporti – Sistemi a guida vincolata e servizi a chiamata per il trasporto a breve e media distanza", Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Ar-

OSSERVATORIO

- chitetti in Torino, LVIII 1-2, anno 137, ISSN 0004-7287, pp. 1-210, gennaio-febbraio 2004.
- [5] B. DALLA CHIARA, P. DEGIOANNI, "Un Automated People Mover (APM) con trazione a fune e struttura a rete", Ingegneria Ferroviaria, anno LXII, numero 5, pp. 417-431, maggio 2007.
- [6] B. DALLA CHIARA, C. FASSIO, A. MASANOTTI, G. ZANNOTTI, "Una metodologia per la progettazione di sistemi automatici per il trasporto persone (APM) di derivazione funivaria", Ingegneria Ferroviaria, anno LX, numero 5, pp. 389-405, maggio 2005.
- [7] L.J. FABIAN, "The world market for Automated People Movers", Jane's, marzo 1999.
- [8] P. GELMINI, "Città, trasporti e ambiente", ETAS, 1988.
- [9] LEA International Transit Compendium, Automated Guideway Transit, vol. IV n° 1, Washington (USA), 1983
- [10] J. LESNE, "Panorama des systèmes de transport collectif en site propre (TCSP)", TEC n° 117, marzo-aprile 1993.
- [11] F. LEVI, "Trasporto urbano a fune", Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, LVIII 1-2, anno 137, ISSN 0004-7287, gennaio-febbraio 2004.
- [12] M. LIBERATORE, "Sistemi di trasporto di massa e tecnologie innovative", Masson Editore, Milano, 1994.
- [13] G.G. MENAFOLIO, "Sistemi innovativi", Trasporti e Trazione, 1/89.
- [14] J.K. PARKER, "Sistemi innovativi di trasporto urbano", Trasporti e Trazione, 1/89.
- [15] V.R. VUCHIC, "Urban Transit Systems and Technology", John Wiley & Sons, Hoboken New Jersey, 2007.

LETTERA AL DIRETTORE

Chiarissimo Signor Direttore,

ho letto con vivo piacere, da Ingegneria Ferroviaria novembre 2007, la nota informativa sull'accogliimento dell'Ing. Di MAJO e di me nella cittadinanza di Savigliano.

Ringrazio sentitamente Lei e l'estensore (che non ho il piacere di conoscere personalmente). Il mio più vivo desiderio è che tanti "bravi" giovani trovino in Italia l'ambiente che loro consenta di esercitare la loro intelligenza nel bellissimo campo dell'Ingegneria Ferroviaria e sono grato a quanto Ingegneria Ferroviaria fa e farà a questo scopo.

Cordiali saluti

Oreste SANTANERA