



Risultati di una recente indagine sulla presenza in Europa di architetture di sistemi telematici per i trasporti

Presence of Urban ITS Architectures in Europe: Results of a Recent Survey

Dott. Ingg. Michael G.H. BELL^(), Ioannis KAPARIAS^(**), Silvio NOCERA^(***), Konstantinos ZAVITSAS^(*)*

1. Premessa

La presente memoria descrive i risultati di un'indagine sulle principali esperienze europee nell'ambito della gestione del traffico urbano, con particolare attenzione ai sistemi telematici per i trasporti (ITS, Intelligent Transport Systems).

Lo studio, che ha riguardato 33 città dell'Europa politica, è stato realizzato con l'ausilio di un questionario appositamente sviluppato. Le domande riguardavano diversi aspetti della gestione del traffico nelle aree urbane: statistiche generali sui diversi sistemi di trasporto, strutture organizzative, monitoraggio e previsione, la possibilità di ottenere informazioni sul traffico e le tecniche di controllo degli spostamenti in ambito urbano. I quesiti hanno altresì preso in considerazione aspetti quali la gestione della domanda, l'esistenza di centri di controllo del traffico, i sistemi di trasporto pubblico e la presenza di aree di parcheggio.

In sintesi, si è potuto constatare che le città coinvolte nell'indagine applicano una vasta gamma di politiche e di tecnologie per la gestione del traffico. È incoraggiante constatare che generalmente esse presentino piani strategici e centri di controllo del traffico, nonché adeguate infrastrutture per il trasporto pubblico, tecnologie ITS e sistemi di informazione in tempo reale sul trasporto pubblico. Inoltre, è abbastanza notevole la diffusione di piste ciclabili, zone pedonali e sistemi di mobilità alternativi, nonché di politiche rivolte ad incentivare lo spostamento delle fasce deboli della popolazione come gli anziani, i disoccupati e i disabili.

In riferimento all'affidabilità dei dati acquisiti, il limite principale sembra essere consistito in possibili interpretazioni differenti per ciascuna domanda o, in alcuni casi, dalla mancanza di dati aggregati. Ciononostante, lo studio offre una panoramica della diffusione a livello europeo di pratiche urbane per la gestione del traffico.

^(*) Centre for Transport Studies, Imperial College London, UK.

^(**) City Collaborative Transport Hub School of Engineering and Mathematical Sciences City University London, UK.

^(***) Research Unit "Transport, Territory and Logistics", IUAV University of Venice, Italy.

1. Preface

The objective of this paper is to investigate European practices in the field of urban traffic management, with a particular focus on Intelligent Transport Systems (ITS), using data collected from 33 cities directly with the help of a purpose-developed questionnaire. Several areas of traffic management are covered, such as: general statistics of the transport systems, organisational structures, monitoring and forecasting, provision of traffic information and urban traffic control. Special focus is also given to demand management, traffic control centres, public transport and parking. Broadly summarising the results, it can be said that a wide range of traffic management technologies and policies are used in the participating cities. It is encouraging to see that strategic plans and traffic control centres are generally present, as well as facilities for public transport, ITS technologies and real-time public transport information. In addition, most cities have cycling infrastructure, pedestrian zones and alternative mobility schemes, as well as special policies for weaker population categories, such as the elderly, the jobless and the disabled. While the study has some limitations with respect to the reliability of the data provided by the cities, mainly originating from different definitions or from the absence of data all together, it can be considered a fairly good overview of urban traffic management practices in Europe.

2. Introduction

Cities today are faced with a number of problems with respect to traffic management, as their expansion has significantly increased transport demand. Municipalities and transport authorities face the challenge of meeting this demand in the most efficient and sustainable way, however the range of solutions that can be applied is constrained by many limitations, arising from a number

^(*) Centre for Transport Studies, Imperial College London, UK.

^(**) City Collaborative Transport Hub School of Engineering and Mathematical Sciences City University London, UK.

^(***) Research Unit "Transport, Territory and Logistics", IUAV University of Venice, Italy.

2. Introduzione

Le aree urbane si trovano attualmente a dovere affrontare una serie di problemi legati alla gestione del traffico. Soprattutto negli ultimi decenni, infatti, l'espansione dei principali centri urbani ha portato come principale conseguenza un notevole aumento della domanda di trasporto. I comuni e le autorità che gestiscono il sistema dei trasporti devono soddisfare questa domanda nel modo più efficiente e sostenibile possibile. Nonostante l'ampiezza teorica delle soluzioni applicabili, la scelta è vincolata da molte limitazioni, riconducibili a cinque problematiche principali: uso del suolo, congestione, dipendenza dall'automobile, ambiente e sicurezza. La maggior parte delle città si sta comunque già muovendo in questa direzione e per questo ha già adottato o intende intraprendere azioni per affrontare questi problemi al fine di raggiungere i propri obiettivi di breve e lungo termine, che includono, nella maggior parte dei casi, la modifica della ripartizione modale a favore del trasporto pubblico, la diminuzione delle emissioni e la riduzione degli incidenti stradali (ZAVITSAS et al., 2010). Un altro aspetto che ostacola in molti casi le autorità dei trasporti nella risoluzione delle problematiche relative alla gestione del traffico sono le questioni politiche riguardanti la complessità nella comunicazione tra differenti organizzazioni e la difficoltà di condivisione delle informazioni. Differenti misure di gestione del traffico e tecnologie sono state realizzate in molte città, ma gli effetti che queste producono e il confronto con tecniche simili attuate altrove rimane una questione aperta.

I sistemi telematici per i trasporti (ITS) hanno un ruolo importante nella gestione del traffico urbano, dal momento che molte città sembrano attribuire loro un'alta priorità nell'ambito degli obiettivi da perseguire a breve termine. Essi sono generalmente considerati come una possibile soluzione a molti dei problemi di traffico in ambito urbano: un gran numero di città ha già adottato tecnologie ITS per la trasmissione delle informazioni agli utenti e per la gestione del traffico, e molte altre intendono farlo nei prossimi anni. Va sottolineato però che l'impatto di questi sistemi a tuttora non è ancora stato quantificato e pertanto non esiste un quadro per la loro concreta valutazione.

Questo studio intende investigare la gamma di misure di gestione del traffico e le tecnologie attualmente in uso, nonché individuare la presenza di architetture telematiche per i trasporti nelle principali città europee. A tal fine, è stato ideato un apposito questionario di raccolta dati che è stato distribuito ad un consistente numero di amministrazioni cittadine. I dati raccolti sono stati quindi analizzati ed aggregati, consentendo di trarre alcune conclusioni.

La presente memoria è strutturata nel seguente modo: il secondo paragrafo introduce l'ambito di riferimento dello studio; il terzo fornisce una descrizione di alcuni dati significativi delle città coinvolte; i paragrafi quattro e cinque presentano rispettivamente le infrastrutture di trasporto presenti e le politiche di gestione del traffico di ciascuna città; il sesto illustra infine i risultati ottenuti e le conclusioni di questa memoria.

of transport problems, which can be categorised in five broad areas: land use; congestion; car dependence; environment; and safety. Most cities have taken or plan to take actions to address these problems in order to achieve their short- and long-term objectives, which include changing the modal split in favour of public transport, reducing emissions, decreasing road accidents, etc. (ZAVITSAS et al., 2010). Nevertheless, city transport authorities are very often additionally confronted by political issues, difficulties in communication between organisations, and difficulties in sharing information. Various traffic management policies and technologies have been implemented in many cities, but the effects that these have and the comparison with other techniques implemented elsewhere remains an open question.

Intelligent Transport Systems (ITS) seem to play an important role in urban traffic management, as cities place them fairly high in their priorities. They are generally considered as offering potential solutions to many of the cities' problems, with a large number of cities having implemented ITS technologies in terms of providing information to the public and facilitating traffic management, or planning to do so in the coming years. The various impacts of ITS, nevertheless, have to date not been quantified and as such, no concrete evaluation framework exists for them.

The objective of this study is to investigate the range of traffic management policies and technologies implemented, and to identify the role of ITS in European cities. To achieve this, data is collected from a number of cities directly, with the help of a purpose-developed questionnaire. The data is then analysed and summarised, and conclusions are drawn.

This paper is structured as follows; Section 2 presents the background of the study, while Section 3 reports on the general facts and figures of the participating cities. Sections 4 and 5 present the findings of the exercise in terms of transport infrastructures and traffic management policies respectively. Section 6 discusses the results obtained and concludes the paper.

3. Background

The background of the study is given next, including a review of comparison studies in the transport field, followed by a description of the data collection technique employed.

3.1. Background

Comparison studies have been carried out in several instances in the past in the form of benchmarking exercises, whose main aim has been to collect, compare and evaluate data in order to set a general standard with respect to a specific topic. Within the transport sector there are several communities and organisations that have

3. Contesto di riferimento

Il presente paragrafo descrive l'ambito di riferimento dello studio, ed include una breve bibliografia e una descrizione della tecnica utilizzata per l'aggregazione dei dati.

3.1. Ambito di riferimento

In passato, sono stati effettuati diversi studi comparativi sotto forma di esercizi di benchmarking: l'obiettivo principale è stato quello di raccogliere, confrontare e valutare i dati al fine di creare uno standard generale riguardante un argomento specifico. Nell'ambito dei trasporti sono sorte diverse organizzazioni con lo scopo preciso di condurre questo tipo di studi: i resoconti sulle attività di due gruppi di benchmarking ferroviari urbani (COMET e NOVA) indicano che, attraverso la condivisione di dati ed esperienze, 19 operatori di reti ferroviarie urbane sono stati in grado di migliorare le prestazioni dei propri sistemi (ADENEY, 2003; ANDERSON, 2006). È stato infatti dimostrato che l'analisi comparativa è in grado di portare benefici nell'ambito della gestione di un sistema di trasporto: riduzione dei costi operativi (sotto forma di una migliore utilizzazione del personale), aumento dei ricavi, miglioramento del servizio. Un buon esempio di benchmarking è uno studio di HARRIS e ANDERSON (2007), i quali, attraverso un confronto tra il numero di passeggeri saliti e discesi da diversi sistemi metropolitani a livello internazionale, identificano i fattori operativi chiave e i loro effetti sull'efficienza del sistema. Nella memoria di SCHMÖCKER et al. (2005), si è studiato il modo di massimizzare il recupero dei ritardi accumulati da un sistema di metropolitane urbane, individuando e confrontando le strategie utilizzate da sei differenti operatori.

Il successo del benchmarking nell'ambito dei sistemi ferroviari e metropolitani ha dato impulso all'analisi della metodologia anche tra i gestori di sistemi di trasporto pubblico su gomma. In questo campo, l'utilità di tali confronti viene provata da TROMPET et al. (2009) nel caso dei sistemi tradizionali urbani e da NOCERA e TSAKARESTOS (2004) per i sistemi a chiamata: entrambi gli studi giungono alla conclusione che il confronto delle prestazioni fra differenti sistemi è utile. In uno studio condotto da RANDALL et al. (2007), è stato sviluppato un sistema di misurazione standardizzato per l'analisi comparativa delle prestazioni dei principali sistemi di bus urbani, giungendo alla formulazione di misure di performance significative. Il discorso sulla qualità del trasporto pubblico viene poi affrontato estensivamente da NOCERA (2010) che, in un successivo lavoro, si sofferma anche sui rapporti fra qualità di un sistema di trasporto pubblico e pianificazione strategica (NOCERA, 2011). Recentemente, anche a Roma sono state effettuate specifiche ricerche sugli aspetti innovativi a sostegno della mobilità sostenibile (CAPPELLI e POZZI, 2011). Infine, l'analisi comparativa è studiata anche in altre aree del settore dei trasporti, come ad esempio in ambito portuale (LIU e MEDDA, 2009).

Riguardo la finalizzazione di tali tecniche al miglioramento della gestione del traffico stradale, nel corso degli

anni sono stati sviluppati con lo scopo di condurre tali attività. Reporting on the activities of two urban rail benchmarking groups, CoMET (Community of Metros) and Nova, it has been suggested that by exchanging experience and by sharing data, the representatives of 19 urban rail network operators have been able to improve their performance (ADENEY, 2003; ANDERSON, 2006). In fact, it has been shown that benchmarking has led to benefits, such as reduced operational costs (in the form of a better utilisation of drivers), increased revenues, as well as better service in some of the members. As examples of benchmarking, a comparison of the urban rail boarding and alighting rates at an international level allowed the identification of key operating factors and their effects to metro efficiency in a study by HARRIS and ANDERSON (2007). In a study by SCHMÖCKER et al. (2005), an attempt was made to improve the delay recovery in metro systems by identifying and comparing the strategies used by six metro operators.

The success of benchmarking in the field of railways and metro systems has been an initiative to form similar groups for bus operators. For example, the worthiness of conducting comparison studies for urban bus operations has been examined by TROMPET et al. (2009), as well by NOCERA & TSAKARESTOS (2004) for DRTS, reaching the conclusion that comparing performance is both useful and justifiable. In a study by RANDALL et al. (2007), the development of a standardised measurement system for the purposes of benchmarking the performance of major urban bus systems has been reviewed, and performance measures have been developed. The topic of transit quality was extensively developed in NOCERA (2010), who has further inquired the importance of understanding more about passengers actual journey quality for an informed judgement on the impact of future schemes as a hint for policy makers (NOCERA, 2011). Recently, targeted elaborations aimed at identifying innovation measures for sustainable mobility have been carried out in Rome (CAPPELLI and POZZI, 2011). Benchmarking was also carried out in other areas of the transport sector, such as ports (LIU and MEDDA, 2009).

Considering benchmarking of road traffic management, several groups have been created for the evaluation of the benefits of ITS systems through the comparison of projects and policies in various cities. These, however, vary in terms of commitment for their members and are mostly aimed at the facilitation of informed discussions rather than the exchange of data. Examples of those are the IBEC working group (2010d), ERTICO ITS Europe (2010a) and ITS America (2010e), Polis (2010f), Eurocities (2010b), and IMPACTS (2010c).

The first attempt to start a benchmarking process of traffic management policies and technologies between cities is the work of SCHMÖCKER & BELL (2009), which is considered as the predecessor of the present work and features the first comparison of urban traffic management policies and technologies, using data provided by

anni sono stati creati diversi gruppi con lo scopo di valutare i benefici dei diversi sistemi ITS attraverso il confronto di progetti e politiche attuati in varie città, principalmente con lo scopo di creare un dibattito guidato e informato tra i diversi membri più che di operare lo scambio di dati significativi. Esempi rilevanti sono i gruppi di IBEC (2010d), ERTICO ITS EUROPE (2010a) e ITS AMERICA (2010e), POLIS (2010f), EUROCITIES (2010b), e IMPACTS (2010c).

Il primo tentativo di avviare un processo di benchmarking in materia di tecnologie e politiche di gestione del traffico tra città differenti è il lavoro di SCHMÖCKER & BELL (2009), che, considerato per certi versi come anticipatore del presente, suggerisce una prima comparazione tra le politiche urbane di gestione del traffico e le tecnologie introdotte da 28 città, utilizzando i dati da esse forniti per mezzo di un questionario. Tale studio ha esaminato a fondo la gestione del traffico ed i sistemi ITS utilizzati nelle varie città, sia in termini di infrastrutture che di strategie, evidenziando la differenza negli approcci impiegati per risolvere problemi simili. I risultati hanno mostrato la necessità di introdurre indici di performance strategici per la gestione del traffico che possano essere utili nello sviluppo di soluzioni comuni per diverse città.

3.2. Raccolta dei dati

Facendo seguito al lavoro di SCHMÖCKER e BELL (2009) precedentemente descritto, è stato sviluppato per il presente studio un questionario volto a raccogliere dati dettagliati e feedback da parte delle autorità dei trasporti delle città coinvolte. Le tematiche riguardano una serie di questioni articolate, il cui fine è realizzare un database esteso sulle politiche di gestione del traffico e sulle tecnologie attualmente presenti in Europa. Le domande del questionario hanno riguardato diversi aspetti della gestione del traffico come ad esempio: statistiche generali sui diversi sistemi di trasporto, strutture organizzative, sistemi di monitoraggio e previsione, possibilità di ottenere informazioni sul traffico e tecniche di controllo degli spostamenti in ambito urbano. Altri quesiti si sono soffermati su aspetti quali la gestione della domanda, l'esistenza di centri di controllo del traffico, i sistemi di trasporto pubblico e la presenza di aree di parcheggio. Alle autorità dei trasporti coinvolte nella compilazione del questionario è stata anche data la possibilità di descrivere più in dettaglio una specifica politica o una particolare tecnologia adottata, come pure di includere qualsiasi altro aspetto della loro strategia di gestione del traffico non esplicitamente indagato dal questionario.

Il panel dal quale raccogliere informazioni è stato individuato in circa 50 città considerate strategiche, al fine di poter fornire un quadro dello stato attuale della gestione del traffico in Europa mediante sistemi ITS. Le città sono state scelte mediante una ricerca approfondita nella letteratura e sulla base di raccomandazioni fornite da esperti, intervistati utilizzando il ben noto metodo Delphi. Il risultato finale ha portato alla formazione di un gruppo eterogeneo, in cui sono state inserite non solo

28 cities directly with the help of a questionnaire. The study examined thoroughly traffic management and ITS systems in cities both in terms of infrastructure and strategies, emphasising on the different approaches used to solve similar problems. The results highlighted the need for introducing strategic performance indices for traffic management that would assist in the development of common solutions for cities.

3.2. Data collection

Following up from the work of SCHMÖCKER & BELL (2009), a questionnaire aiming at collecting detailed data and feedback from city transport authorities on a series of practices in order to create an extended database on the traffic management policies and technologies implemented in Europe, has been developed. The questionnaire covered several areas of traffic management, such as: general statistics of the transport systems, organisational structures, monitoring and forecasting, provision of traffic information and urban traffic control. Special focus was given to demand management, traffic control centres, public transport and parking. Transport authorities were also given the opportunity to describe in more detail a specific policy or technology that they wished to demonstrate, as well as to state any other aspect of their traffic management strategy not covered by the questionnaire.

It was attempted to identify a group of about 50 key cities who would complete the questionnaire, hence providing an insight of the current state of traffic management and ITS in Europe. The cities were chosen from thorough research in the literature and were based on the recommendations of experts, interviewed using the well-known Delphi Method. The final result offered a diverse group, in which not only European metropolises were included (such as Paris, London, Rome, Istanbul and Athens), but also cities known for their virtuous attitude towards innovative transport systems (such as Karlsruhe and Turin), medium-sized cities (Southampton and Stuttgart) and emerging realities (Kocaeli, Haifa, Funchal).

The overall response included receiving completed questionnaires from a total of 33 cities, which are shown on the map of fig. 1. Considering the quality and reliability of the information provided through the questionnaires by the participating cities, this was in general fairly complete and accurate. It should be noted, however, that in some cases corresponding authorities had limited access to specific data, thus being unable to supply it, or that the definitions adopted by different cities have been misunderstood, thus resulting in unreliable responses. Those cities were not included in the analysis of the relevant figures. The next three sections present the main findings of the study in terms of three big areas: general facts and figures; transport infrastructures; and traffic management and policies.

aree metropolitane europee (come Parigi, Londra, Roma, Istanbul e Atene), ma anche città note per il loro atteggiamento “virtuoso” nei confronti dei sistemi di trasporto innovativi (come Trondheim, Karlsruhe e Torino), così come città di medie dimensioni (Southampton e Stoccarda) e realtà emergenti (Kocaeli, Haifa, Funchal).

Il quadro finale complessivo è stato delineato sulla base delle risposte pervenute da un totale di 33 città (indicate in fig. 1). Valutando i questionari compilati dalle città partecipanti, il livello delle informazioni ottenute sembra essere stato in generale piuttosto accurato. Va tuttavia sottolineato che in alcuni casi le autorità intervistate hanno avuto accesso limitato ai dati specifici richiesti, non essendo così in grado di dare indicazioni affidabili. In altri casi, le definizioni adottate per formulare i quesiti sono state male interpretate, fornendo così risposte inaffidabili. In questi casi le risposte medesime non sono state ovviamente incluse nell'analisi.

I successivi tre paragrafi presentano i principali risultati dello studio suddivisi in tre macro-categorie: caratteristiche e cifre; infrastrutture di trasporto; gestione del traffico e politiche.

4. General facts and figures

This section reports on the results of the comparison between the 33 cities with respect to the general facts and figures. This includes general data, such as population, modal split and traffic volume; and facts on the organisational structures implemented, such as number of authorities involved in traffic management and the existence of strategic plans.

4.1. General characteristics

Some general characteristics of the cities that participated in the survey are shown in table 1. As can be seen, these range from small towns to large metropolises: towards the lower end the sample includes the cities of Funchal and Trondheim, with populations of less than 200,000, while towards the upper end, Istanbul has over 12 million inhabitants. The large variation observed in terms of metropolitan area population highlights the need to treat cities with respect to their individual characteristics.



Fig. 1 - Le città partecipanti. *Participating cities.*

4. Caratteristiche e cifre

Questo capitolo descrive le caratteristiche delle 33 città partecipanti e i relativi dati significativi. Le successive considerazioni fanno riferimento ad informazioni generali (popolazione, scelta modale degli utenti, volume di traffico) e dati sulle strutture organizzative presenti, come il numero di autorità coinvolte nella gestione del traffico e l'esistenza di piani strategici.

4.1. Caratteristiche generali

Alcune caratteristiche generali delle città che hanno partecipato al sondaggio sono riportate nella tabella 1. Il panel di riferimento è piuttosto ampio, e comprende sia piccoli centri che grandi metropoli: a livello di popolazione, le città con il minor numero di abitanti sono Funchal e Trondheim, con una popolazione inferiore ai 200.000 abitanti, mentre quella maggiormente popolata è Istanbul con oltre 12 milioni di abitanti. Questa grande variabilità in termini di popolazione impone la necessità di trattare le città tenendo conto delle loro caratteristiche individuali.

In termini di ripartizione modale, si è constatato che nelle 33 città analizzate la distribuzione per modo di trasporto varia notevolmente – risultato previsto, se si considera l'ampia gamma di caratteristiche di ciascuna realtà investigata. In tutte le città, la quota di domanda servita dai mezzi privati è leggermente inferiore al 50%, mentre l'utilizzo del trasporto pubblico varia dall'11% di Trondheim ad oltre il 40% di Praga e Zurigo. È anche interessante notare che alcune città turche (ad esempio, Istanbul e Kocaeli – ma non Ankara) hanno una quota rilevante di traffico pedonale. Per quanto riguarda invece la diffusione della modalità ciclabile, non sembra esserci una correlazione evidente con la dimensione della città: è infatti risultato che quote elevate di traffico ciclabile possono appartenere a centri sia di piccole che di grandi dimensioni.

Considerando che il volume di traffico di una determinata città è generalmente proporzionale alla sua dimensione, sembra più appropriato confrontare i dati medi di traffico a livello di realtà individuali. Le cifre variano in questo caso notevolmente, visto che spaziano dai circa 1.500 km/anno dell'Aia fino agli oltre 15.000 km/anno di Roma.

In sintesi, lo studio conferma il risultato atteso: nei centri urbani analizzati, le caratteristiche in termini di domanda di trasporto sono fortemente dipendenti dalla dimensione e dalla posizione geografica.

4.2. Strutture organizzative

Oltre alle caratteristiche generali delle città e alla ripartizione modale dei trasporti, un'ampia trattazione hanno avuto le questioni organizzative, strutturali e finanziarie. La maggior parte delle città del campione (24 su 33) posseggono un piano strategico in atto per i prossimi 10-20 anni, mentre in altri sette casi si dichiara che è allo studio

In terms of modal split, it is found that the proportions for each mode of travel across the 33 cities of the sample vary considerably; this is expected, given the wide range of characteristics of the participating cities. The average private means' contribution is slightly lower than 50%, while the contribution of public means ranges from just 11% in Trondheim to more than 40% in Prague and Zurich. It can also be noted that the Turkish cities of Istanbul and Kocaeli have a large share of walking, though this is not the case for Ankara. No observable patterns can be identified for cycling, with high shares of cycling occurring in cities of varying sizes.

Considering the traffic volume of the cities and taking into account that this is proportional to the size of a city, it is more appropriate to compare the average contribution to traffic at the level of individuals. Figures are found to vary greatly in terms of individual mobility, as they range from around 1500 km/annum/person (The Hague) to over 15,000 km/annum/person (Rome).

Overall, it can be deduced that, as expected, cities have different transport characteristics across the sample. These are, naturally, dependent on their size and geographical location.

4.2. Organisational structures

Besides the cities' general and transport facts, it is also important to examine organisational, structural and financial matters. Most cities of the sample (24 out of 33) have a concrete and concise 10-20 year strategic plan in place, while another 7 state that they "may have or will have one in the next five years". By reviewing the strategic plans, it can be noticed that some of the main future concerns of cities regard safety, sustainability, efficiency, and pollution. For example, Brussels has set a concrete target of reducing car traffic by 20% in terms of vehicle-km, while The Hague has the broader objective of promoting sustainable transport modes. Additionally, several cities stress in their strategic plans the need for more efficient management through the application of ITS.

Performance indicators, mobility indices and travel patterns understanding are used or will be used by most cities. For example, in London performance indices are used to monitor the delivery of transport objectives, but these are mainly public-transport-focussed. In terms of ITS architecture, most cities state that they either already use or are in the process of implementing some form of ITS. A small difference in the types of ITS cities are interested in is observed, although very few cities have provided additional details on this matter. For example, Athens is predominantly interested in optimising traffic on the heavily-loaded roads through ITS, and Bologna is interested in improving its parking system.

Looking at authorities and responsibilities with respect to transport in cities, which can influence the effi-

TABELLA 1 – TABLE 1

CARATTERISTICHE SALIENTI DELLE CITTÀ PARTECIPANTI
KEY CHARACTERISTICS OF THE PARTICIPATING CITIES

City	Metropolitan Population	MODAL SPLIT (%)				Strategic plan	ITS Architecture
		Private trans.	Public trans.	Walk / cycle	Other		
ANKARA	3,890,000	N/A				YES	NO
ATHENS	3,840,000	54	37	9	0	YES	YES
BARCELONA	4,930,000	16	33	51	0	YES	YES
BERLIN	5,970,000	38	27	35	0	YES	YES
BOLOGNA	920,000	39	26	28	7	YES	YES
BRESCIA	190,000	N/A				YES	YES
BRUSSELS	3,000,000	56	15	26	3	YES	YES
BURSA	1,820,000	N/A				Next 5 years	YES
EDINBURGH	470,000	55	20	21	4	NO	YES
FRANKFURT	5,500,000	39	23	38	0	Next 5 years	YES
FUNCHAL	100,000	52	31	17	0	Next 5 years	YES
HAIFA	1,020,000	57	15	18	10	Next 5 years	YES
ISTANBUL	12,600,000	24	14	49	13	YES	Next 5 years
KARLSRUHE	1,500,000	44	18	38	0	YES	Next 5 years
KAYSERI	900,000	N/A				YES	NO
KOCAELI	890,000	26	33	41	0	Next 5 years	Next 5 years
LONDON	7,570,000	38	38	23	1	YES	YES
MILAN	3,080,000	52	36	12	0	YES	YES
MUNICH	2,600,000	37	21	42	0	YES	YES
PARIS	11,600,000	15	29	56	0	Next 5 years	Next 5 years
PRAGUE	1,490,000	33	43	24	0	YES	N/A
ROME	4,200,000	66	28	6	0	YES	YES
SHEFFIELD	1,200,000	54	28	9	9	YES	YES
SOUTHAMPTON	230,000	N/A				NO	YES
STOCKHOLM	1,980,000	46	28	26	0	YES	YES
STUTTGART	2,700,000	N/A				Next 5 years	YES
TEL AVIV	3,150,000	51	23	19	7	YES	YES
THE HAGUE	1,000,000	56	27	17	0	YES	Next 5 years
THESSALONIKI	800,000	N/A				YES	YES
TRONDHEIM	170,000	58	11	31	0	YES	YES
TURIN	N/A	56	15	28	1	YES	YES
VIENNA	3,000,000	34	35	31	0	YES	N/A
ZURICH	1,080,000	36	48	16	0	YES	YES

la possibilità di averne uno nei prossimi cinque anni. Dai piani analizzati si è potuto notare che alcune delle principali preoccupazioni per il futuro riguardano la sicurezza, la sostenibilità, l'efficienza dei sistemi e l'inquinamento: Bruxelles, ad esempio, ha fissato quale obiettivo concreto la riduzione del traffico automobilistico del 20% in termini di veicoli/km, mentre L'Aja, più in generale, si propone di promuovere modalità di trasporto sostenibili. Inoltre, diverse città sottolineano nei loro piani la necessità di una gestione più efficace attraverso l'adozione di sistemi ITS.

ciency of traffic management, three to four authorities are involved in most cities, with the most common being national, local and city authorities, as well as the police. In some cities parent companies, public-private-partnerships and public funding initiatives are also involved. It is noteworthy that Barcelona, Bursa, Funchal, and Munich have implemented simple traffic management structures, with only one authority involved (usually the local or city authority). In terms of funding mechanisms, it is observed that the most common funding sources are taxes

Indicatori di prestazione, indici di mobilità ed indagini sullo scopo del viaggio sono usati o verranno usati dalla maggior parte delle città. Nel caso di Londra, per esempio, alcuni indici di prestazione, focalizzati però principalmente sul trasporto pubblico, vengono utilizzati per monitorare il raggiungimento degli obiettivi in ambito trasportistico. In termini di architetture di sistemi telematici per i trasporti, la maggior parte delle città dichiara che sta già utilizzando o è in procinto di attuare una qualche forma di sistemi ITS. Si osserva inoltre poca differenza nelle tipologie di ITS a cui le città sono interessate, sebbene vada sottolineato che solo poche di esse hanno fornito una dettagliata descrizione. A questo riguardo, la città di Atene è prevalentemente interessata ai margini di ottimizzazione del traffico sulle arterie principali, mentre Bologna punta al miglioramento della gestione del sistema dei parcheggi.

Per quanto riguarda il trasporto urbano, i risultati evidenziano che il numero di autorità responsabili della gestione del traffico varia generalmente da tre a quattro, identificate nella maggior parte dei casi con le autorità dei trasporti a livello nazionale, locale e municipale, con l'aggiunta della polizia. In alcune città sono anche costituite società controllate, partnership pubblico-privato nonché utilizzati finanziamenti pubblici. È interessante notare che Barcellona, Bursa, Funchal e Monaco di Baviera hanno una struttura di gestione del traffico che coinvolge una sola autorità (di solito quella locale). In termini di meccanismi di finanziamento, si osserva che le fonti più comuni sono le tasse e le sovvenzioni statali. A questo proposito, si è osservato che il contributo governativo vari dal 10% di Zurigo al 25% di Trondheim al 100% del bilancio totale in diverse città, tra cui Atene, Bruxelles e Haifa.

Nel complesso si possono osservare sia somiglianze che differenze tra le politiche adottate dalle città studiate. Infine, nelle strutture organizzative e nelle procedure decisionali, non possono essere identificate chiare analogie di comportamento fra i vari centri.

5. Infrastrutture di trasporto

Questo paragrafo delinea la dotazione infrastrutturale presente nelle diverse città. Allo scopo di facilitarne la descrizione, le infrastrutture per i trasporti vengono qui suddivise in tre diverse categorie: trasporto privato, trasporto pubblico e parcheggi.

5.1. Trasporto privato

La gestione del trasporto privato e delle strategie di controllo del traffico è di grande importanza per le città, considerando che la maggior parte dei viaggi urbani sembra essere effettuata con questo tipo di mezzo (autovetture e motociclette).

L'indicatore più importante in termini di infrastrutture di trasporto privato è la lunghezza della rete stradale. Le

and government funding. Governmental contribution ranges from 10% in Zurich and 25% in Trondheim to 100% of the total budget in several cities, including Athens, Brussels and Haifa.

Overall, it can be said that both similarities and differences can be observed between the policies adopted by the cities of the sample. However, no clear patterns can be identified with respect to the cities' organisational structures and decision-making procedures.

5. Transport infrastructures

This section deals with the transport infrastructures of the cities, which can be divided into private transport, public transport and parking.

5.1. Private transport

The management of private transport and the control strategies are of great importance to cities, as according to the modal split, the majority of the trips generated in cities are performed by private means (cars and motor-cycles).

The most important indicator in terms of private transport infrastructure is the length of the network. Cities have provided road network length data, along with the road categorisation criteria they use, which can range from a simple "primary-secondary" disambiguation, to an "A-B-C" grading. Without considering minor roads, it is observed that there are substantial differences in the road network per unit population (fig. 2). It can be seen that the smallest cities of the sample in terms of population (Funchal and Trondheim) have more than 0.5 metres of primary road per capita, while all other (larger) cities' respective value is under 0.4 metres per capita. This finding, of course, is dependent on the definition of "primary network" in each city; however, it is interesting to note that the vast majority of the cities in general describe their primary network as "high-capacity arterials", which as such provides a basis for comparison.

Taking the number of signalised intersections in each city and normalising it in terms of the primary road network length, Milan, Zurich and Bologna have the highest signal density (fig. 3). To illustrate for example the density of traffic signals in Bologna, it can be said that "the average distance a driver will travel on the primary network to encounter a signal-controlled intersection is approximately 400 metres". On the other end, Turkish cities appear to have considerably lower signal densities. The differences in signal density might reflect different network shapes and different perceptions of the cities on what constitutes smooth and safe traffic (e.g. some cities use priority rules and roundabouts more).

Looking at signalling types at major intersections (fig.

città hanno fornito, oltre ai dati relativi alla lunghezza della propria rete, i criteri di gerarchizzazione stradale utilizzati. Tali criteri possono variare da un semplice chiarimento dell'ambiguità relativa alla definizione di rete "primaria-secondaria" fino ad una classificazione "A-B-C" delle strade che compongono la rete. Senza considerare le strade secondarie, si sono osservate differenze sostanziali nella rete stradale per unità di popolazione (fig. 2). Nel campione analizzato, si può inoltre notare che le città più piccole in termini di popolazione (Funchal e Trondheim) hanno più di 0,5 metri di strada primaria pro capite e che tale valore decresce nelle città di maggiore estensione sotto gli 0,4 metri per abitante. Questo dato è ovviamente strettamente dipendente dalla definizione di "rete primaria" adottata da ciascuna città. È tuttavia interessante notare che in generale la maggioranza dei centri descriva la propria rete primaria come "arteria ad alta capacità" e che proprio tale definizione fornisca una solida base per un confronto.

Sulla base del numero di intersezioni riportato da ogni città normalizzato in termini di lunghezza della rete stradale primaria, Milano, Zurigo e Bologna risultano avere la più alta densità semaforica (fig. 3). Nel caso della città di Bologna, si può dire che "la distanza media fra due semafori sulla rete primaria è di circa 400 metri". Al contrario, le città turche sembrano avere densità notevolmente inferiori. Tali differenze potrebbero essere causate da forme diverse delle reti di trasporto, ma anche da differenti visioni sulle misure per rendere il traffico regolare e sicuro (ad esempio alcune città sembrano preferire soluzioni a precedenza e rotonde alle intersezioni semaforiche).

Guardando i tipi di semaforo presenti agli incroci principali (fig. 4) si riscontra che la strategia più comune di segnalazione in Europa è quella a ciclo fisso, il quale viene comunque spesso modificato in base agli aggiornamenti sui dati di traffico. Il ciclo fisso viene utilizzato ad Atene, Barcellona, Roma, Ankara e Kayseri. Molte città (come Monaco di Baviera, Praga e L'Aia) fanno invece un uso abbastanza vasto di impianti semaforici attuati dal traffico.

D'altra parte, diverse città hanno adottato estesi sistemi UTC (Urban Traffic Control) a risposta dinamica, dei quali risultano degni di nota quelli di Southampton, Karlsruhe e Bologna. Questi sistemi sono spesso gestiti da software di-

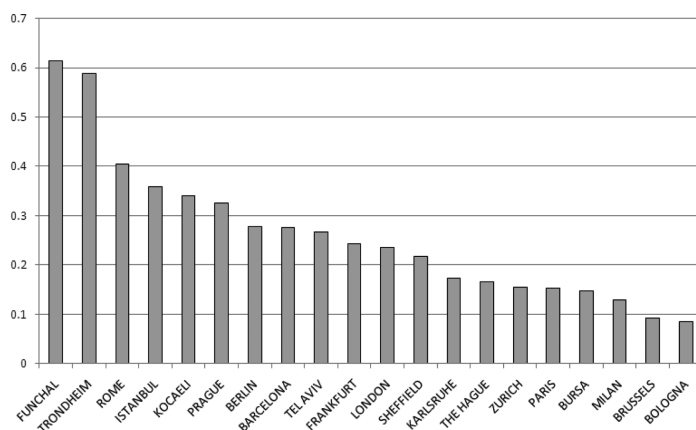


Fig. 2 - Lunghezza della rete stradale per abitante (metri). Road network length per capita (metres).

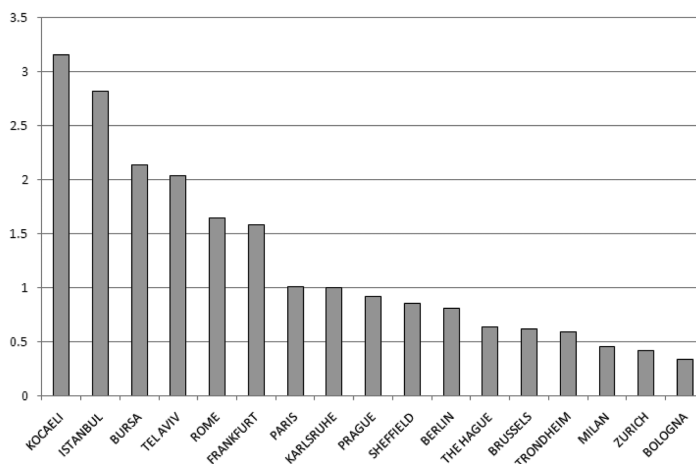


Fig. 3 - Densità semaforica (km di strada primaria per segnale). Signal density (km of primary road per signal).

4) it is found that the most common signalling strategy in Europe is fixed-time, which is, however, often complemented by control updates. Fixed-time signalling is used almost exclusively in Athens, Barcelona, Rome, Kayseri and Ankara. Many cities also make fairly extensive use of vehicle-actuated signal plans, such as Munich, Prague and The Hague. On the other hand, several cities have implemented extended dynamic-response Urban Traffic Control (UTC) area systems, with notable examples including Southampton, Karlsruhe and Bologna. These UTC systems are often operated by commercially available software (e.g. SCOOT in Southampton, London and Sheffield, and UTOPIA in Bologna, Turin, The Hague and Trondheim), though in several instances in-house devel-

sponibili in commercio (ad esempio SCOOT a Southampton, Londra e Sheffield, e UTOPIA a Bologna, Torino, L'Aia e Trondheim), mentre altrove sono stati realizzati software di gestione ad-hoc - come nel caso di Tel Aviv, Zurigo e Istanbul. In generale, la maggioranza delle città utilizza combinazioni di diverse strategie semaforiche per gestire le reti stradali primarie.

Per quanto riguarda i centri di controllo del traffico, il cui scopo è quello di monitorare e gestire il traffico sulla rete stradale, le responsabilità e le funzioni di ciascun centro variano a seconda delle differenti città, come si può evincere dalla tabella 2 di seguito riportata. Venticinque città posseggono già centri di controllo del traffico, ed altre sei ne pianificano una possibile realizzazione nei prossimi cinque anni. La maggior parte delle città (21 su 25) sono dotate di un sistema di comando e controllo del traffico che viene utilizzato dal personale per monitorare le condizioni dell'intera rete. Otto città hanno un sistema di supporto alle decisioni che gestisce ad esempio i pannelli a messaggio variabile (Variable Message Signs, VMS) e regola i semafori della rete urbana in modo semiautomatico, e inoltre undici città utilizzano strumenti GIS per la mappatura e l'analisi degli oggetti in movimento sulla rete. Infine, dodici città posseggono un database aggiornato in tempo reale per l'elaborazione dei dati e la gestione dei lavori in corso nella rete. Alcuni dei centri di controllo di traffico più tecnologicamente avanzati risultano essere quelli di Barcellona, Istanbul, Berlino, Bologna e Haifa.

5.2. Trasporto pubblico

Come già detto in precedenza, la quota di utenti che utilizza il trasporto pubblico nelle città campione varia dall'11% al 48%. Molte di esse già possiedono o stanno sviluppando sistemi orientati verso il trasporto pubblico, al fine di realizzare un progressivo trasferimento modale dal mezzo privato, la quale cosa in molti casi risulta essere uno dei principali obiettivi di lungo termine. Analizzando gli attuali sistemi di trasporto pubblico delle città oggetto di studio (tabella 3), come prevedibile, l'autobus risulta il più comune, essendo presente in tutte le 33 città investigate.

La lunghezza della rete di trasporto pubblico ed il numero di linee di servizio sono indicatori rappresentativi della dimensione della rete. La lunghezza delle reti di autobus delle città analizzate varia dai 150 km dell'Aia e dai 175 km di Zurigo fino ai 9.300 km di Londra. Analogamente, il numero delle linee varia dalle 18 di Brescia alle 683 di Londra. Si osserva inoltre che città dalle dimensioni simili possono avere reti di autobus di lunghezze notevolmente differenti, a seconda della presenza o meno di altri modi di trasporto pubblico al loro interno. Ad esempio, Bologna,

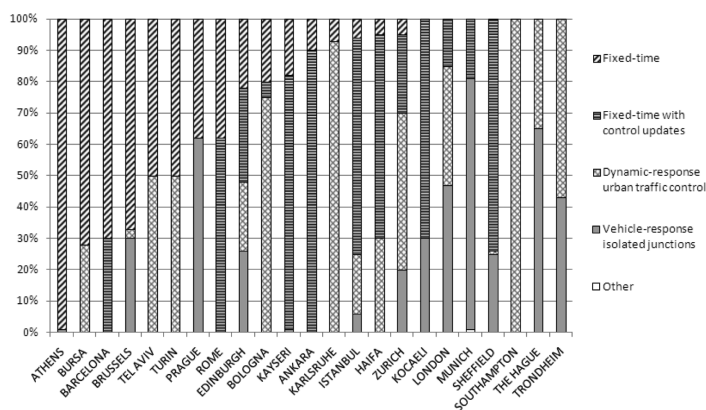


Fig. 4 - Tipi di impianti semaforici. *Traffic signal control types.*

opened tools are implemented, as is the case, among others, in Tel Aviv, Zurich and Istanbul. Overall, it can be seen that the vast majority of the cities use combinations of signalling strategies in order to manage parts of their primary road networks.

With respect to traffic control centres, whose purpose is to monitor and manage traffic on the road network, responsibilities and functionalities vary across the cities of the sample (table 2). 25 cities operate traffic control centres, and another 6 plan to do so in the next five years. Most of the cities' centres (21 out of 25) facilitate a command and control system, which is used by the staff for monitoring the traffic conditions in the network. Furthermore, 8 cities' centres have a decision support system that sets, for example, Variable Message Signs (VMS) and adjusts traffic lights with only little support from the staff. Also, 11 cities' centres use a Geographical Information Systems (GIS) tool for mapping and analysing objects moving and events happening on the road network. Finally, 12 cities' centres support a real-time database for processing data and handling workloads. Some of the most technologically advanced traffic control centres can be found in Barcelona, Istanbul, Berlin, Bologna and Haifa.

5.2. Public transport

According to the modal split, discussed earlier, the share of public transport in the cities of the sample ranges from 11% to 48%. Many cities already have or are developing public-transport-oriented systems, in order to realise their long term target that aims at a modal shift from private to public means. Looking at the infrastructure present in the sample (table 3), the bus is clearly the most common public transport means, present in all 33 cities.

TABELLA 2 – TABLE 2

CENTRI DI CONTROLLO DEL TRAFFICO - TRAFFIC CONTROL CENTRES

City	Traffic control centre	Hours of operation	CCTV cameras	Features			
				Command & control system	Decision support system	GIS database	Real-time database
ANKARA	NO	N/A					
ATHENS	YES	24	210	YES	NO	NO	NO
BARCELONA	YES	24	150	YES	YES	YES	YES
BERLIN	YES	N/A	400	YES	YES	YES	YES
BOLOGNA	YES	N/A	30	YES	YES	YES	YES
BRESCIA	In 5 years	N/A					
BRUSSELS	YES	24	300	YES	NO	NO	NO
BURSA	In 5 years	N/A					
EDINBURGH	YES	12	80	YES	NO	YES	YES
FRANKFURT	YES	14	65	YES	NO	NO	NO
FUNCHAL	In 5 years	N/A					
HAIFA	YES	16	54	YES	YES	YES	YES
ISTANBUL	YES	24	412	YES	YES	YES	YES
KARLSRUHE	YES	10	14	YES	YES	YES	YES
KAYSERI	In 5 years	N/A					
KOCAELI	In 5 years	N/A					
LONDON	YES	24	1200	NO	NO	YES	YES
MILAN	YES	24	1000	YES	NO	NO	NO
MUNICH	YES	24	450	YES	NO	NO	NO
PARIS	YES	17	123	YES	YES	YES	YES
PRAGUE	YES	16	225	YES	NO	NO	NO
ROME	YES	15.5	45	YES	NO	YES	YES
SHEFFIELD	YES	11	50	NO	NO	NO	NO
SOUTHAMPTON	YES	12	50	YES	NO	NO	NO
STOCKHOLM	YES	24	950	YES	NO	NO	NO
STUTTGART	YES	16	350	YES	NO	NO	NO
TEL AVIV	YES	24	16	YES	NO	NO	NO
THE HAGUE	In 5 years	N/A					
THESSALONIKI	NO	N/A					
TRONDHEIM	YES	24	N/A	NO	NO	YES	YES
TURIN	YES	16	77	YES	NO	NO	NO
VIENNA	YES	24	53	N/A	N/A	N/A	N/A
ZURICH	YES	24	N/A	YES	YES	NO	YES

Haifa, L'Aia e Zurigo, che hanno un bacino di utenza di circa un milione di persone, differiscono molto fra loro in termini di lunghezza delle proprie reti di autobus (rispettivamente 464, 2.140, 150 e 175 km). Negli ultimi due casi, questa differenza è probabilmente correlata alla presenza di estese reti tranviarie a supporto delle linee di autobus.

Metropolitane leggere e sistemi tranviari sono risultati molto comuni all'interno del gruppo oggetto di studio, essendo presenti in 23 città. La lunghezza della rete tranviaria varia notevolmente all'interno del campione:

The length of the public transport network and the number of service lines are representative indicators for the size of the network. The length of bus networks in the sample ranges from 150 km in The Hague and 175 km in Zurich to 9300 km in London. Similarly, the number of services/lines ranges from 18 in Brescia to 683 in London. It is also observed that cities of similar size can have considerably different bus network lengths, depending on the presence of other public transport modes in the city; for example, Bologna, Haifa, The Hague and Zurich all

TABELLA 3 – TABLE 3

INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO PUBBLICO - PUBLIC TRANSPORT INFRASTRUCTURE

CITY	Public transport system			Features			
	Bus	Tram	Metro	Priority measures	Integration forms	Unitary fares	Electronic ticketing
ANKARA	YES	YES	YES	NO	NO	NO	NO
ATHENS	YES	YES	YES	YES	NO	YES	In 5 years
BARCELONA	YES	YES	YES	YES	YES	YES	NO
BERLIN	YES	YES	YES	YES	NO	YES	In 5 years
BOLOGNA	YES	NO	NO	YES	YES	NO	NO
BRESCIA	YES	NO	NO	YES	YES	YES	NO
BRUSSELS	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
BURSA	YES	NO	YES	NO	YES	NO	NO
EDINBURGH	YES	NO	NO	YES	NO	YES	YES
FRANKFURT	YES	YES	YES	YES	NO	NO	YES
FUNCHAL	YES	NO	NO	YES	NO	NO	NO
HAIFA	YES	NO	YES	YES	NO	In 5 years	NO
ISTANBUL	YES	YES	YES	YES	NO	YES	In 5 years
KARLSRUHE	YES	YES	YES	YES	YES	YES	In 5 years
KAYSERI	YES	NO	NO	YES	YES	YES	YES
KOCAELI	YES	YES	NO	YES	YES	YES	In 5 years
LONDON	YES	YES	YES	YES	YES	NO	YES
MILAN	YES	YES	YES	YES	YES	NO	YES
MUNICH	YES	YES	YES	YES	NO	YES	NO
PARIS	YES	YES	YES	YES	NO	NO	NO
PRAGUE	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
ROME	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
SHEFFIELD	YES	YES	NO	YES	NO	NO	In 5 years
SOUTHAMPTON	YES	NO	NO	YES	NO	NO	NO
STOCKHOLM	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
STUTTGART	YES	YES	YES	YES	NO	NO	YES
TEL AVIV	YES	In 5 years	NO	YES	YES	NO	NO
THE HAGUE	YES	YES	NO	YES	YES	YES	YES
THESSALONIKI	YES	NO	In 5 years	YES	YES	NO	YES
TRONDHEIM	YES	YES	NO	YES	NO	YES	NO
TURIN	YES	YES	YES	YES	NO	YES	NO
VIENNA	YES	YES	YES	YES	NO	YES	YES
ZURICH	YES	YES	NO	YES	NO	YES	In 5 years

Trondheim e Ankara hanno meno di 10 km di metropolitana leggera mentre Barcellona arriva fino a 530 km. Praga e Zurigo hanno reti tranviarie molto sviluppate, con oltre 100 km di binari, servite da un massimo di 34 linee nel caso di Praga. Sia Praga sia Zurigo hanno sistemi di trasporto pubblico orientate verso il tram, a differenza della maggior parte delle altre città, in cui preminenza viene data all'uso dell'autobus. È necessario sottolineare a questo riguardo che Praga possiede solamente tre linee di autobus.

Un importante elemento delle reti di trasporto pubbli-

have populations of around 1 million, but the lengths of their bus networks are 464, 2140, 150 and 175 km long respectively, possibly due to the fact that in the former two buses are the sole transport means available, while the latter two also have extensive tram networks.

Looking at light rail/tram systems, these are very common in the sample (present in 23 cities). The tram network length varies significantly across the sample, with Trondheim and Ankara having less than 10 km of light rail track and Barcelona having as much as 530 km.

co su strada sono i sistemi per concedere le priorità. La misura più utilizzata è l'uso di corsie preferenziali per gli autobus, presenti in 30 città (tutte tranne Ankara, Bursa e Karlsruhe), il cui scopo è quello di migliorare l'affidabilità e la puntualità dei mezzi. Anche i sistemi per fornire la priorità ad un autobus o ad un tram ai semafori rispetto al trasporto privato sono presenti nella maggior parte dei casi studiati (26). Per quanto riguarda i metodi utilizzati per rilevare la presenza di un mezzo e assegnare la priorità, i più comuni sono i sensori di rilevamento e i segnali dedicati, usati rispettivamente in 16 e 11 città.

Pur non essendo un sistema di trasporto su strada e quindi esulando dallo scopo di questo studio, la metropolitana è un mezzo di trasporto pubblico che influenza direttamente il traffico stradale. Delle 33 città esaminate, 20 dispongono di reti metropolitane, le quali, a causa degli alti costi di costruzione e di costi operativi più elevati rispetto ad altri sistemi di trasporto pubblico, sono naturalmente molto meno diffuse rispetto ad autobus e tram. Quasi tutte le città analizzate con oltre 1,5 milioni di abitanti dispongono di sistemi di metropolitana, con l'eccezione di Kayseri, Kocaeli e Tel Aviv. La lunghezza delle reti varia dai 5 km di Haifa ai 402 km di Londra, mentre Parigi risulta essere la città con il maggior numero di linee (16).

Oltre alle infrastrutture stesse del sistema, la possibile integrazione con altri modi di trasporto sia pubblico che privato è un'altra componente importante di un nuovo sistema di trasporto pubblico. Tali schemi, realizzati in diverse città, possono essere classificati come "tradizionali" (car-pooling e car-sharing), o "dinamici" (sistemi integrati di trasporto pubblico e servizi feeder). Sedici delle nostre città utilizzano forme di integrazione con il trasporto privato.

Infine, per semplificare e incoraggiare l'uso del trasporto pubblico, diverse città propongono sistemi unitari di tariffazione per diverse modalità di trasporto e apparati di biglietteria elettronica: i sistemi di tariffazione unitaria sono presenti in 19 casi. Per quanto riguarda invece la diffusione di biglietterie elettroniche, queste risultano meno impiegate: lo studio evidenzia utilizzi reali solo in 13 città (ad esempio la carta "Oyster" di Londra), ma altre sette realtà ne hanno comunque pianificato l'introduzione nei prossimi cinque anni.

5.3. Parcheggio

Per quanto riguarda i parcheggi, i dati pervenuti possono essere affetti da imprecisione a causa dei seguenti problemi. Prima di tutto, in più di qualche caso essi non sono gestiti dalle stesse autorità responsabili della gestione del traffico. Un esempio ne è Londra, dove i parcheggi sono di competenza di ciascuno dei 33 municipi su cui si snoda la rete e non di TfL (Transport for London). In altri casi, l'autorità incaricata della gestione dei parcheggi può essere responsabile solo di una parte della città, fornendo così solo i dati di propria competenza e non quelli riguardanti il resto della città. Anche in questo caso, si pone il

Prague and Zurich seem to have very dense tram networks, as they have over 100 km of track, served by up to 34 lines in the case of Prague. Both cities have tram-oriented public transport systems, as opposed to most other cities in the sample, which are rather bus-oriented; it is worth noting that Prague only has three bus lines.

An important element of road-based public transport infrastructure is the provision of priority measures and systems. The most widely-used public transport priority measure is the use of bus lanes, present in 30 cities (all except Ankara, Bursa and Karlsruhe), whose aim is to improve the reliability of bus schedules. Systems granting priority at traffic signals to buses and trams over private transport are also in place in most cities of the sample (26). Regarding the underlying detection methods of the priority systems, the most common are loop detection and dedicated signals, used in 16 and 11 cities respectively.

Despite not being road-based and thus extending beyond the scope of this study, the metro is a public transport means that directly influences road traffic. Out of the 33 cities, 20 have metro networks, which due to the high construction and operational costs are naturally much less extensive than bus and tram networks. Almost all cities of the sample with over 1.5 million inhabitants have metro systems, with the exception of Kayseri, Kocaeli and Tel Aviv. Metro network lengths range from 5 km in Haifa to 402 km in London, while Paris has the network with the most lines (16).

Besides the infrastructure itself, integration schemes with other modes are an additional important component of a public transport system. These can be classified as "traditional", which include schemes such as car-pooling and car-sharing, or as "dynamic", which include integrated public transport and feeder services. In the sample used in this study, 16 out of the 33 cities have integration forms with private transport.

Finally, unitary fare systems for different transport modes and electronic ticketing are very common methods to simplify and encourage the use of public transport. Unitary fare systems exist in 19 cities. Electronic ticketing, on the other hand, is less widespread, with actual implementations having been deployed in 13 cities (e.g. London's "Oyster" card), but with another 7 planning to introduce it in the next five years.

5.3. Parking

With respect to parking it should be mentioned that the data supplied by the cities is fairly unreliable due to a number of problems. Namely, parking is very often not managed by the same authorities that are responsible for traffic management. An example of this is London, where parking is the responsibility of the 33 individual boroughs and not Transport for London (TfL). In other cities, the authority in charge of parking management

problema di possibili interpretazioni differenti da parte delle città coinvolte: come confermato dai dati forniti dal campione, vi sono alcune incongruenze che complicano il confronto dei risultati.

Tuttavia, è possibile estrapolare alcuni dati sui parcheggi abbastanza attendibili. Per esempio, è evidente che sistemi come park-and-ride e bike-and-ride stanno diventando sempre più popolari: 22 città hanno già realizzato tali sistemi, e diverse altre ne stanno attivando di nuovi. I sistemi di park-and-ride esistenti differiscono da una città all'altra per quanto riguarda la struttura del servizio e per le caratteristiche del contesto che servono: molte città hanno numerose aree di capacità limitata, mentre altre sono dotate di pochi punti in grado di gestire un numero più elevato di utenti. Ad esempio, Edimburgo ha cinque grandi siti park-and-ride, che possono ospitare un totale di circa 3.000 veicoli, Sheffield dispone di 2.262 posti auto per l'interscambio distribuiti in otto aree differenti e altri 200 posteggi singoli di tipo informale. Haifa segue la filosofia di avere pochi grandi impianti piuttosto che molti piccoli, e questo sembra anche essere l'approccio dominante all'interno del campione analizzato.

Rispetto al park-and-ride, le strutture di bike-and-ride sono più flessibili a causa delle loro esigenze spaziali ridotte. Tali strutture si possono trovare in molti casi in prossimità di quelle di park-and-ride, ma anche accanto a piccole fermate o a stazioni terminali dei mezzi pubblici. Ad esempio, nella città dell'Aia, strutture di bike-and-ride sono collocate in prossimità di alcune fermate del tram, ed inoltre il noleggio delle biciclette è disponibile in corrispondenza di importanti punti di interscambio fra sistemi di trasporto pubblico differenti. Istanbul gestisce 32 siti bike-and-ride, mentre Monaco di Baviera dispone di una "rete" di bike-and-ride con una capacità totale di circa 22.000 biciclette. A Bologna, tale sistema è anche combinato con il bike-sharing: delle dieci strutture esistenti, quattro sono bike-and-ride e sei "park-and-bike" (in quest'ultimo sistema, gli utenti hanno la possibilità di parcheggiare la propria auto e continuare il loro viaggio con biciclette a noleggio).

Infine, 14 città del campione dispongono di un sistema dinamico di gestione dei parcheggi, il quale però, nei diversi casi esaminati, dimostra di avere caratteristiche differenti. Ad esempio, Edimburgo utilizza un sistema di gestione urbana e controllo del traffico (UTMC), che comprende 11 aree di sosta per i veicoli e 28 pannelli a messaggio variabile che indicano, con dati aggiornati in tempo reale, i posti disponibili in ciascuna area di sosta. Nel complesso, si osserva che la grande varietà di caratteristiche dei sistemi dinamici di gestione dei parcheggi, offrendo un'ampia flessibilità, permette il loro uso sia in città di piccole che di grandi dimensioni.

6. Gestione del traffico e politiche

In questo paragrafo vengono descritti i sistemi di gestione della domanda, di raccolta dei dati e di trasmissione delle informazioni, presenti nelle varie città.

may be only responsible for part of the city, thus being only able to provide data for this particular part and not for the rest of the city. The issue of different definitions arises with respect to what different forms of parking are available and how these are defined (on-street, carpark) etc. As confirmed by the data provided by the cities, there are great inconsistencies making a direct comparison rather difficult.

Nevertheless, some of the facts available on parking seem fairly reliable and are presented. Namely, it becomes apparent from the data that schemes such as park-and-ride and bike-and-ride are becoming increasingly popular. 22 cities already have such schemes, with more and more cities introducing them. Looking at park-and-ride, existing schemes are variable from one city to another as concerns the extent of the scheme with respect to the city's characteristics; several cities have many small sites spread around the city, while other cities have few park-and-ride facilities accommodating larger numbers of vehicles. For example, Edinburgh has five large park-and-ride sites, accommodating a total of approximately 3000 vehicles; and Sheffield has 2262 dedicated park-and-ride spaces spread over eight sites and another 200 individual informal park-and-ride spaces. Haifa follows the concept of few large facilities rather than many small ones, which is also the dominant park-and-ride approach across the sample.

Compared with park-and-ride, bike-and-ride facilities are more flexible due to their smaller spatial requirements. Such facilities are either located together with park-and-ride facilities, or next to smaller public transport stops and stations. For example, in The Hague several bike-and-ride facilities are located next to tram stops, and bike rental is also available at major public transport interchanges; Istanbul operates 32 bike-and-ride sites; and Munich has a "network" of bike-and-ride sites, with a total capacity of 22,000 bicycles. In Bologna, bike-and-ride is even combined with bike-sharing, whereby out of the existing ten facilities, four are bike-and-ride and six are "park-and-bike", the latter meaning that users park their cars and continue their journey by hired bicycles.

Finally, 14 cities of the sample have a dynamic parking management system, which has, however, different features in each city. For example, Edinburgh uses an Urban Traffic Management and Control (UTMC) compliant system, comprising 11 car parks and 28 VMS for parking with website support. Overall, it is observed that the great variety in the features of dynamic parking management systems offers flexibility, allowing their use in cities of all sizes.

6. Traffic management and policies

This section reports on the schemes applied in the cities of the sample with respect to travel demand

6.1. Gestione della domanda di trasporto

Nelle città investigate, si sono adottati diversi sistemi per la gestione della domanda di trasporto, i quali includono soluzioni per il controllo degli accessi, la tariffazione, la gestione degli incidenti, le corsie riservate e una serie di misure ulteriori come ad esempio zone pedonali, piste ciclabili, car-pooling, car-sharing e bike-sharing. Inoltre, l'adozione di tali sistemi è molto spesso rivolta a promuovere la mobilità delle categorie più deboli di utenti (per esempio anziani, studenti e disabili). Una panoramica dei sistemi di gestione della domanda utilizzati dalle città investigate e appena elencati, viene riportata in fig. 5.

Quattordici città attualmente possiedono tecnologie per il controllo degli accessi in particolari zone ed orari. Nello specifico, uno dei più avanzati sistemi di controllo automatico degli accessi è operativo a Roma e limita l'ingresso veicolare in determinate ore della giornata all'interno della Zona a Traffico Limitato (ZTL), che include alcune parti del centro storico.

Il riconoscimento del veicolo da parte del sistema, viene effettuato da telecamere di tipo ANPR poste ai varchi dell'area, le quali individuano i veicoli ai quali è consentito l'accesso alla ZTL (residenti e mezzi con permessi speciali). Il sistema permette al contempo di individuare i veicoli non autorizzati, ai proprietari dei quali viene inflitta una sanzione. Sistemi per il controllo degli accessi sono presenti anche in molte altre città europee, come Atene, Barcellona, Berlino, Edimburgo, Funchal, Milano, Stoccolma e Torino.

L'adozione di questo tipo di sistemi è finalizzata anche alla riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti da parte dei veicoli: nella città di Francoforte, ad esempio, ai mezzi viene assegnato un particolare badge verde/giallo/rosso dipendente dal proprio livello di emissione, che identifica la possibilità del veicolo di accedere eventualmente ad una certa zona a traffico limitato. Stoccarda, in modo analogo, utilizza un cosiddetto "bollino ambientale" atto alla classificazione dei veicoli in base alle emissioni. Per quanto riguarda la movimentazione delle merci, molte città impongono una restrizione agli accessi degli autoveicoli pesanti ed ai percorsi dei materiali pericolosi. Questi sistemi di controllo del traffico merci sono in certi casi associati anche ad altre misure come ad esempio l'incentivo ad effettuare consegne notturne, l'applicazione di limiti per la durata di consegna (ad esempio a Barcellona), l'imposizione di limitazioni agli autoveicoli pesanti in termini di lunghezza (come a Milano), e peso (come a Southampton e a Karlsruhe), nonché l'introduzione di speciali percorsi per il trasporto di materiali pericolosi (come all'Aia). Delle città prese in considerazione in questo studio, al momento sedici utilizzano tali misure.

management, and data collection and information provision.

6.1. Travel demand management

A large variety of travel demand management schemes have been implemented in many cities of the sample. These include access control, pricing, incident management and dedicated lanes' systems, but also a series of further schemes, such as pedestrian zones, cycling infrastructure, car-pooling, car-sharing and bike-sharing. Also, schemes exist to promote the mobility of groups potentially affected by social exclusion (elderly, students, and disabled). An overview of travel demand management schemes across the sample is given in fig. 5.

Starting from access control, 14 cities have implemented access control schemes to restrict access at specific areas and times. One of the most advanced automatic access control schemes is operational in Rome and restricts vehicular access at certain times of the day to a so-called Limited Traffic Zone (LTZ), which covers certain parts of the city's historic centre. Enforcement is carried out by an Automatic Number Plate Recognition (ANPR) system, which only allows the vehicles of residents and those with special permissions to enter the LTZ. Fines are issued to the owner of any other vehicle "caught" in the zone. Access control schemes are also present in many other European cities, a few being Athens, Barcelona, Berlin, Edinburgh, Funchal, Milan, Stockholm and Turin.

Access control is also used to tackle emissions: for example, Frankfurt uses a system in which vehicles are assigned green/yellow/red badges according to their emissions, with the badge's colour determining whether a vehicle can enter a zone of low emissions; and Stuttgart uses an "environmental sticker" system for similar purposes.

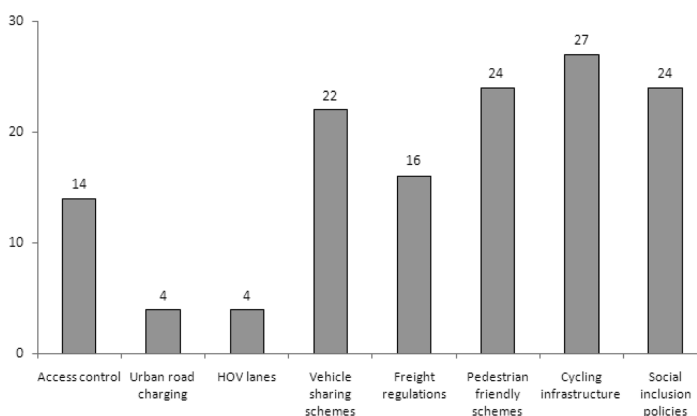


Fig. 5 - Schemi di gestione della domanda di trasporto. *Travel demand management schemes.*

Per quanto riguarda i sistemi per il pedaggio urbano, sono quattro le città del gruppo che a tutt'oggi ne sono dotate. Londra è l'esempio più notevole, in quanto ha due sistemi di questo tipo tuttora in funzione: la cosiddetta "Congestion Charging" e la "Low Emission Zone". Il primo, che attualmente è il più esteso sistema di questo tipo in funzione, obbliga ciascun conducente di un veicolo in entrata o in circolazione nell'area specificata (che copre gran parte del centro di Londra) al pagamento di una quota fissa giornaliera per la circolazione all'interno della zona in determinati orari. La "Low Emission Zone" invece, copre una superficie molto più ampia e prevede pedaggi per i conducenti di veicoli che producono elevate emissioni. Entrambe queste misure restrittive sono attuate attraverso l'applicazione di avanzati sistemi ANPR. Altre città che utilizzano sistemi per il pedaggio urbano sono Stoccolma, Bologna e Milano, le quali applicano misure restrittive con l'ausilio di diverse soluzioni: il tipo di tassazione utilizzato a Stoccolma prevede che i veicoli paghino una quota calcolata in base alla durata della permanenza in una zona specifica, Bologna impone l'acquisto di un "biglietto" o di un "carnet mensile di biglietti" per l'ingresso in determinate aree, mentre a Milano le tariffe di ingresso sono calcolate in base al livello di emissioni del veicolo. Altre città attualmente stanno valutando l'introduzione di pedaggi urbani entro i prossimi cinque anni: Bruxelles, ad esempio, sta vagliando la possibilità di attuare un sistema "pay-as-you-ride" che prevede un pedaggio calcolato in funzione della distanza, della posizione, dell'ora del giorno e del tipo di veicolo (ovvero del suo livello di emissioni).

Per quanto riguarda l'introduzione di corsie riservate ai veicoli ad alto riempimento (HOV, High Occupancy Vehicle), queste sono una misura attualmente molto popolare nel Nord America: il principio su cui si basano queste particolari corsie riservate è che possono accedervi solo i veicoli che trasportano più di un determinato numero di passeggeri. In Europa, tuttavia, le corsie HOV sono meno diffuse, esistendo solo in quattro delle città esaminate (Funchal, Haifa, Tel Aviv e Kocaeli). Nonostante ciò, i programmi di condivisione dei veicoli, come car-sharing e bike-sharing, sembrano essere abbastanza popolari tra le città del campione: 22 città hanno già adottato tali sistemi e altre 3 progettano di farlo nel prossimo futuro. Il sistema "City Bikes Wien" di Vienna ne è un esempio rappresentativo: l'intero impianto è composto da più di 60 stazioni per il noleggio di biciclette, diffuse in tutta la città ed è operativo 24 ore al giorno per 7 giorni alla settimana. Le biciclette possono essere noleggiate a tariffa oraria con la speciale "Citybike-card" o con carta di credito, e il noleggio prevede che la prima ora di utilizzo sia gratuita.

Per quanto riguarda i modi di trasporto pedonali e ciclabili, essi sembrano godere di grande attenzione: 24 città su 33 hanno attualmente in vigore sistemi per la tutela del traffico pedonale (zone pedonali dedicate, zone 30), con varie estensioni e orari di esercizio, mentre altre tre hanno in previsione l'introduzione di sistemi di questo tipo nel prossimo futuro. Inoltre, la maggior parte delle città (27) possiedono reti di infrastrutture ciclabili e

es. Access regulations are also imposed on freight movement, dealing with the control of Heavy Good Vehicles' (HGVs) traffic and the routing of hazardous materials. These are also coupled with other measures, such as encouraging night deliveries and applying delivery duration limits (as in Barcelona), imposing limitation on HGVs in terms of length (as in Milan) and weight (as in Southampton and Karlsruhe), and introducing special routes for the transport of hazardous materials (as in The Hague). 16 cities of the sample currently have such schemes in operation.

Considering urban road charging, 4 cities have operational systems in place. London being the most notable example, it has two schemes in place: the London Congestion Charging Scheme and the Low Emission Zone. The former, being the largest scheme of this kind, requires the driver of every vehicle entering or circulating in the specified zone (covering most parts of Central London) during certain hours, to pay a flat fee per day. The latter, on the other hand, covers a much larger area and charges drivers of vehicles with high emissions. Enforcement of both schemes is achieved through fairly advanced ANPR systems. Other cities with urban road charging include Stockholm, Bologna and Milan, and their schemes operate in different ways. Stockholm charges drivers according to the duration of the vehicle's stay in a specific zone; Bologna requires drivers to buy "tickets" for their vehicles, enforcing a monthly allowance of tickets to be bought; and Milan charges drivers in proportion to the emissions' level of their vehicle. More cities are considering introducing urban road charging in the next five years; for example, Brussels examines the possible implementation of a pay-as-you-ride scheme that will charge users based on distance, location, time of the day and type of vehicle (emissions level) within a zone.

With respect to increasing vehicle occupancy, High Occupancy Vehicle (HOV) lanes are a popular measure in North America, and their principle of operation is that they may only be accessed by vehicles carrying more than a specified number of passengers. In Europe, however, HOV lanes seem to be less widespread, as they exist in only 4 of the sample's cities (Funchal, Haifa, Tel Aviv and Kocaeli). Looking at vehicle sharing schemes, on the other hand, such as car-sharing and public bicycles schemes, these appear to be fairly popular among the cities of the sample. 22 cities already have such schemes in place, and another 3 are planning to do so in the near future. Vienna's "City Bikes Wien" scheme is a representative example. The scheme consists of more than 60 bicycle stations throughout the city and is operational 24/7; bicycles can be rented using a "Citybike-card" or a bank debit card at an hourly rate, with the first hour being free of charge.

With respect to schemes encouraging the sustainable transport modes of walking and cycling, cities appear to be giving considerable attention to those. 24 out of the

tre ipotizzano di realizzarne una nei prossimi cinque anni. Un esempio degno di nota è L'Aia, con oltre 250 km di percorsi ciclabili e 150 km di piste dedicate.

Politiche che incoraggiano la mobilità delle persone che rientrano nella fascia debole della popolazione, come gli anziani ed i disabili, risultano abbastanza popolari in tutto il campione: 24 città hanno realizzato sistemi finalizzati all'incentivo della mobilità delle fasce deboli, tra cui i più comuni sono la priorità nelle aree di parcheggio (spazi riservati), tariffe speciali per l'utilizzo di trasporti pubblici per anziani e disabili e la presenza dei segnali stradali con sistemi acustici per i non vedenti.

Per quanto riguarda la gestione della domanda di trasporto, 23 centri hanno anche fornito informazioni sull'utilizzo attuale e futuro di sistemi ITS all'interno delle loro aree urbane. Si è riscontrato che 15 città affermano di utilizzare sistemi ITS al fine di migliorare l'accessibilità del trasporto pubblico (software di pianificazione di viaggio ed informazioni in tempo reale sui tempi di arrivo previsti alle fermate), ed altre 3 sostengono intenzione di adottare misure del genere nel prossimo futuro. Inoltre, 8 città utilizzano sistemi ITS per fornire informazioni specifiche per i servizi di emergenza; 5 città sono intenzionate ad attivare tale funzione nei prossimi cinque anni, dimostrando così le potenzialità degli ITS in questo particolare ambito. D'altra parte, poche città (5) utilizzano ITS per la gestione del traffico pedonale e ciclabile (ad esempio durante grandi eventi) e nessuna usa sistemi ITS per la gestione del trasporto di merci pericolose, anche se alcune prevedono di rendere al più presto operativo un sistema di questo tipo.

6.2. Raccolta dati e trasmissione delle informazioni

In generale i sistemi per la raccolta dei dati comprendono una vasta gamma di metodi e tecniche. Il meccanismo tradizionale, basato su rilevatori e sensori, sembra essere ancora la tecnica più utilizzata dalle città campione (27 su 33), seguita dal conteggio manuale (26 città). Meno comuni sono le interviste dirette su strada, utilizzate come sistema di rilevamento solo in 14 casi, presumibilmente a causa degli alti costi del personale e per il fatto che gli stessi dati possono essere rilevati anche da nuovi metodi automatici, come ad esempio sondaggi online. È interessante notare che le videocamere sono sempre più usate per la raccolta dati, con 21 città che ne dichiarano l'utilizzo (ciò sembra essere una conseguenza naturale dei grandi progressi nel campo della ANPR), mentre poche città sembrano fare uso di localizzazione satellitare (per esempio, Bologna e Roma).

Per quanto riguarda i sistemi di trasmissione delle informazioni sul traffico, quasi tutte le città dichiarano di utilizzare sistemi a ciò dedicati. I dati trasmessi, così come pure i metodi di diffusione, risultano però differire da città a città: nella maggior parte dei casi (30 su 33), essi riguardano eventi in programma, manutenzioni stradali programmate e trasporti pubblici. Altri tipi di informazioni, meno comuni, ma sicuramente di rilievo, riguardano l'offerta di percorsi alternativi per i conducenti e gli utenti del

sample's 33 cities have pedestrian-friendly schemes in place (pedestrian zones, or 30 km/h zones), with varying lengths and operating hours, and another 3 intend to introduce such in the near future. Also, most cities (27) have cycling infrastructure in place and 3 more plan to implement one in the next five years. A notable example is The Hague, having over 250 km of cycle tracks and 150 km of cycle lanes.

Policies encouraging the mobility of people potentially facing social exclusion, such as the elderly and disabled, are also fairly popular across the sample. 24 cities have such schemes in place, the most common being priority in parking areas, subsidised public transport fares for the elderly and disabled, and the equipment of traffic signals with warning systems for the visually impaired.

23 out of the sample's 33 cities also provided information as to their current and future uses of ITS in travel demand management. As such, it was found that 15 cities use ITS for the purposes of improving access to public transport, such as journey planning software and real-time information on expected times of arrival, and 3 more intend to join them in doing so in the near future. Also, 8 cities use ITS to provide specific customised information for emergency services; 5 more cities plan to enable that feature in the next five years, thus demonstrating the potential of ITS in that aspect. On the other hand, few cities (5) make use of ITS for the traffic management of pedestrians and cyclists (e.g. during big events) and no cities use ITS to monitor the transport of dangerous goods. Some cities, however, plan to make that possible soon.

6.2. Data collection and information provision

Looking at data collection, it appears that a wide range of methods and techniques are employed. Namely, traditional data collection means, such as detectors and sensors, still seem to be the most popular data collection technique (27 out of 33 cities), followed by manual counting (26 cities). Less common are roadside interviews, used by 14 cities, supposedly due to their high labour costs and due to the fact that the data collected by them can now also be collected by novel automated methods, such as online surveys. Interestingly, video cameras are increasingly used for data collection, with 21 cities stating that they use them; this seems to be a natural consequence of the great advances made in the field of ANPR. On the other hand, very few cities seem to make use of satellite tracking (for instance, Bologna and Roma).

Looking at the situation of traffic information provision, almost all cities provide traffic information to the public. The types of information provided, though, and the methods of dissemination vary. Most cities (30 out of 33) provide information about planned events,

trasporto pubblico (attuata in 19 città), suggerimenti su percorsi pedonali e ciclabili al fine di promuovere tali modi di trasporto sostenibili (in 17 città), e previsioni del tempo (in 10 città).

Infine, per quanto riguarda i metodi utilizzati per la diffusione delle informazioni all'utenza, la maggior parte delle città (32) risulta avere un sito web con informazioni sul traffico in tempo reale. Inoltre, molte città utilizzano trasmissioni televisive e radiofoniche per la diffusione delle informazioni (25 su 33). Anche i sistemi VMS sono notevolmente diffusi (24 città) così come le linee telefoniche atte a fornire informazioni sul traffico (in 16 città). Otto città utilizzano infine un Traffic Message Channel (TMC). Alcune delle città campione si avvalgono della telefonia mobile per la distribuzione delle informazioni, sia sotto forma di SMS, sia sotto forma di un'applicazione software per smartphone (6 città utilizzano quest'ultimo metodo).

7. Conclusioni

Questo articolo descrive i risultati di uno studio volto ad indagare lo stato attuale, l'evoluzione della gestione del traffico urbano e l'uso di sistemi ITS in una serie di importanti città dell'Europa politica. La raccolta dei dati è stata effettuata con l'aiuto di un questionario appositamente sviluppato, che ha riguardato diversi ambiti della gestione del traffico, come ad esempio le statistiche generali dei sistemi di trasporto, le strutture organizzative, il monitoraggio e la previsione, la fornitura di informazioni sul traffico e il controllo del traffico urbano. Particolare attenzione è stata data alla gestione della domanda di trasporto, ai centri di controllo del traffico, al trasporto pubblico ed alle aree di parcheggio. Il questionario è stato compilato dalle autorità dei trasporti di 33 città europee di caratteristiche disomogenee tra loro.

Uno degli aspetti essenziali, emerso nel corso dello studio, è che i dati forniti sono generalmente incoerenti tra le diverse città, rendendo così il confronto delle loro politiche piuttosto difficile. In molti casi le autorità cittadine adottano definizioni tecniche differenti, mentre in altri casi il reperimento delle informazioni richieste si è dimostrato difficile (è stato necessario rivolgersi a diverse autorità per ottenere informazioni o dati specifici). Come già espresso in precedenza, il campione, contenendo città con caratteristiche molto diverse, rende impossibile in alcuni casi un confronto significativo.

Nonostante le difficoltà segnalate, lo studio ha prodotto alcuni risultati di un certo interesse, i più importanti dei quali sono di seguito riassunti. In primo luogo, nella maggior parte delle città analizzate e con pochissime eccezioni, la mobilità privata è decisamente prevalente sul trasporto pubblico. In termini di organizzazione, una media di tre o quattro enti vengono coinvolti da ogni città nella gestione del traffico, anche se alcune hanno tentato di introdurre una gestione più centralizzata assegnando tutte le responsabilità ad una sola autorità. Il settore dei trasporti è finanziato principalmente da fonti governative ma anche da ricavi provenienti dal trasporto pubblico o dalle sanzioni.

planned road works and public transport. Less common, but definitely of importance, seems to be the supply of alternative routes to drivers and public transport users, which is done in 19 cities. 17 cities even go as far as suggesting walking and cycling routes to road users, as an attempt to promote these two sustainable travel modes, while 10 cities also provide traffic-related weather forecasts.

Finally, considering the methods used to inform the public, most cities have a website with traffic information in place, with 32 cities out of the sample's 33 doing so. Many cities use television and radio broadcasts to disseminate traffic information (25 out of the 33), as well as VMS, which are used in 24 cities. 16 cities have a telephone line for traffic information, and 8 cities use the Traffic Message Channel (TMC). Mobile phones are also used by some cities, either in the form of SMS text messages, or in the form of a software application for Smartphones; 6 cities make use of this method.

7. Final discussion

This paper described the results of a study aimed at investigating the current state and evolution of urban traffic management and the use of ITS in a number of key European cities. Data collection was carried out with the help of a purpose-developed questionnaire, which covered several areas of traffic management, such as general statistics of the transport systems, organisational structures, monitoring and forecasting, provision of traffic information and urban traffic control; special focus was given to travel demand management, traffic control centres, public transport and parking. The questionnaire was completed by the transport authorities of 33 European cities of varying characteristics, thus offering a fairly diverse sample.

One of the main findings of the study is that data is generally inconsistent between cities, making the comparison of their policies rather difficult. In several instances city authorities adopt different definitions, while in other cases it has been proven difficult for them to collect and supply the data provided, as very often several authorities and contact persons are required to obtain a specific fact or figure. In addition to that, the sample contains cities of very different characteristics, which in some cases means that a meaningful comparison is not possible.

Despite the difficulties reported, the study has come up with some very interesting results, the most important of which are summarised here. Namely, most cities of the sample are found to have private-transport-oriented networks, with very few exceptions of entirely public-transport-oriented cities. Furthermore, in terms of organisation, an average of three or four authorities are involved in traffic management in each city, though some

Anche le infrastrutture di trasporto variano in maniera significativa all'interno delle città coinvolte nell'analisi. Si osservano differenze sostanziali in termini di densità semaforica, così come in termini di tipi di segnale, visto che pochissime città sembrano avvalersi di un tipo unico di semaforo. I centri di controllo del traffico sono in esercizio in 25 delle città esaminate, tuttavia le loro caratteristiche differiscono a seconda delle dimensioni del centro e delle responsabilità loro assegnate. Diverse città utilizzano sistemi per la gestione in tempo reale dei parcheggi, finalizzati all'assistenza diretta degli automobilisti che cercano un punto di sosta, mentre sistemi come park-and-ride e tariffe integrate risultano essere sistemi comunemente utilizzati per incoraggiare l'uso dei trasporti pubblici, fornendo agli utenti comodi punti di interscambio.

Sistemi per la gestione della domanda di trasporto che promuovono modi più sostenibili sono attualmente previsti dai piani di molte delle città indagate: zone pedonali e comunque accessibili ai pedoni, sistemi per il noleggio di biciclette e piste ciclabili stanno diventando sempre più diffusi, come anche il car-pooling ed il car-sharing. I sistemi ITS hanno contribuito alla realizzazione di strategie e metodi più avanzati di gestione del traffico ampliando la gamma di soluzioni disponibili. Esempi di questi sistemi includono il pedaggio urbano stradale e il controllo degli accessi, la cui realizzazione è diventata possibile attraverso l'uso di tecnologie come i rilevatori ANPR. Le tecnologie ITS hanno inoltre ampliato le possibilità di raccogliere dati e di trasmettere informazioni agli utenti attraverso vari mezzi. Tali informazioni riguardano principalmente il trasporto pubblico, gli incidenti stradali, i lavori in corso ed i ritardi dei mezzi pubblici alle fermate: gli utenti possono essere aggiornati sulle condizioni del traffico prima di intraprendere un viaggio attraverso siti web o via telefono, oppure lungo il percorso tramite pannelli VMS e radio.

In generale, si può dire che questo studio ha dimostrato l'esistenza, all'interno delle città coinvolte, di una vasta gamma di tecnologie di gestione del traffico. È incoraggiante notare la presenza di piani strategici e di centri di controllo in quasi tutte le città, così come infrastrutture dedicate al trasporto pubblico, tecnologie ITS, ed informazioni in tempo reale sui mezzi di trasporto pubblico. Inoltre, la maggior parte delle città possiede infrastrutture ciclabili, zone pedonali e sistemi di mobilità alternativa, nonché efficaci politiche finalizzate ad incentivare gli spostamenti delle fasce di popolazione più deboli, come gli anziani, i disoccupati e disabili.

Tuttavia, considerando che non sono ancora state sviluppate misure di valutazione comuni per tali sistemi, per le autorità cittadine è difficile valutare il successo delle misure e dei miglioramenti apportati all'interno delle aree urbane anche perché, in molti casi, risulta difficile capire la relazione tra le diverse soluzioni per la gestione del traffico in una città e le loro implicazioni per l'intera rete.

Inoltre, i risultati sottolineano la necessità di considerare ciascuna città come a sé stante nel monitoraggio degli effetti, in quanto è attualmente difficile determinare se una

città ha attempted to introduce a more centralised management, assigning all responsibilities to a single authority. Funding is found to be originating mainly from governmental sources, but also from public transport fares or fines.

Transport infrastructure is found to vary greatly across the cities of the sample. Major differences are observed in terms of signal density, as well as in terms of signalling types, as very few cities appear to be using a single signal type. Traffic control centres are operated in 25 cities of the sample, however their features differ depending on the size of the city and the responsibilities they are assigned. Several cities use dynamic parking management to assist drivers in locating a parking space quickly and easily, while schemes such as park-and-ride and integrated parking fares are fairly common as they encourage the use of public transport by providing convenient transition points to the users.

Travel demand management schemes promoting more sustainable transport modes are increasingly being implemented. Pedestrian and shared space zones, public bicycle schemes and cycling infrastructure are becoming more and more popular, along with car-pooling and car-sharing. ITS have contributed to the implementation of more advanced traffic management schemes and strategies and have increased the range of solutions available. Examples of these include urban road charging and access control, whose enforcement has become possible through techniques such as ANPR. ITS have also broadened the field of data collection and information provision, with the latter being provided to the public through various means. The information provided mainly concerns public transport, traffic incidents, roadworks and delay times, and users can be updated through websites and telephone information lines prior to their travel, or by VMS and radio broadcasts en route.

Overall, it can be said that, based on the study, a wide range of traffic management technologies and policies are used in the European cities participating to this study. It is encouraging to see that strategic plans and traffic control centres are generally present in cities, as well as facilities for public transport, ITS technologies and real-time public transport information. In addition, most cities have cycling infrastructure, pedestrian zones and alternative mobility schemes, as well as good policies for weaker population categories, such as the elderly, the jobless and the disabled. However, considering that common evaluation measures for these schemes have not yet been developed, city authorities can hardly assess the success of measures and the improvements made. This is because it is often difficult to understand the connection between the different traffic management solutions taken in a city and their implications to the entire network.

Furthermore, the results also emphasise on the need

particolare soluzione applicata con successo in una città possa sortire i medesimi effetti anche in un'altra. Attraverso l'interazione con le autorità cittadine, è apparso evidente che questo punto è particolarmente strategico, poiché aiuterebbe i pianificatori dei trasporti nel convincere i decisori e le parti interessate. Analizzando le risposte ottenute è anche emerso un interessante aspetto che riguarda gli investimenti nel settore dei trasporti: la maggior parte delle città sono principalmente interessate a migliorare l'efficienza della propria rete di trasporto e investono in misure finalizzate ad un trasferimento modale dalla mobilità privata a quella pubblica, mentre tendono ad investire quote molto basse sugli interventi relativi alle infrastrutture. Questo aspetto rende di particolare opportunità la necessità di misure di prestazione comuni ed affidabili.

Lo studio effettuato evidenzia anche le affinità e gli obiettivi comuni nelle città europee analizzate, in termini di strategie future e di piani: le fasi di realizzazione di questi ultimi sono spesso differite nel tempo e ciascuna città segue percorsi diversi di attuazione. Va comunque sottolineato che ricerche comuni riguardanti sistemi ambientalmente e finanziariamente più efficienti sono potenzialmente in grado di assistere le autorità a fare scelte più corrette.

I risultati da questo studio offrono dunque un utile panorama della situazione relativa alla gestione del traffico urbano nelle città europee partecipanti, mostrando che molte di queste, oltre ad avere obiettivi simili, adottano soluzioni affini per raggiungerli. Tuttavia, lo studio ha anche evidenziato la necessità di ulteriori progressi nel campo della valutazione delle politiche e delle relative soluzioni proposte. Prossime linee di ricerca futura potrebbero riguardare l'estensione della ricerca ad altre città europee, al fine di stabilire lo stato dell'arte europeo relativo alla gestione del traffico urbano, e il confronto con città extra-europee. L'analisi potrebbe estendersi per esempio al Nord America e alle città asiatiche pioniere nel settore. Infine, ulteriori sviluppi interessanti potrebbero riguardare lo sviluppo e l'applicazione di misure di valutazione della gestione del traffico urbano e dei sistemi ITS.

Riconoscimento

Questo studio è stato svolto come parte del progetto di ricerca CONDUITS (Coordination of Network Descriptors for Urban Intelligent Transport Systems) finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del 7° Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo, Tema 7 "Trasporti e Aeronautica".

to consider the individuality of cities as a parameter in the evaluation of measures, as it is currently difficult to predict whether a particular solution that has been successfully applied in a city, could be a success in another one. Through the interaction with city authorities it has been made clear that such information would assist transport planners in convincing decision makers and stakeholders. As the majority of cities are mainly interested in improving the efficiency of their transport network and achieving a modal shift from private to public means, infrastructure investments are less attractive. This makes the need for common and accurate performance measures timely.

In addition, this study makes apparent that although there are similarities and common objectives between European cities in terms of future strategies and plans, cities are at different implementation stages and often follow different paths. Although this can be explained to a certain extent by the differences in the cities' characteristics, common research in the form of examining environmentally and financially more efficient systems can potentially assist authorities in making better educated choices.

The results offered a useful insight into the urban traffic management situation in the participating European cities, showing that several cities have similar objectives and adopt similar solutions. However, the study also highlighted the need for further work in the field of the evaluation of policies and solutions. Essential next steps include the extension of the sample used to include further European cities, with a view of establishing the European state-of-the-art, as well as the comparison with non-European cities. Further work will thus include the extension of this study to North American and Asian cities, many of which are pioneers in the field. Future work will also concentrate in the development and application of evaluation measures for urban traffic management and ITS.

Acknowledgement

This work has been carried out as part of the CONDUITS (Coordination of Network Descriptors for Urban Intelligent Transport Systems) research project, which is funded by the European Commission under the 7th Framework Programme for Research and Development, Theme 7 "Transport (including Aeronautics)".

BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] ADENEY W. (2003), "Metro benchmarking" - CoMET and Nova deliver tangible benefits. Railway Gazette, Metro Report 2003, 15-18.
- [2] ANDERSON R.J. (2006), "Metro benchmarking yields tangible benefits", European Rail Outlook, 22-25.

- [3] CAPPELLI A., POZZI C. (2011), *"Scenari e Opzioni per una Mobilità Sostenibile - Un Rapporto per Roma Capitale"*, Gruppo di Ricerche Industriali e Finanziarie – Grif "Fabio GOBBO", Università Luiss Guido CARLI, Roma.
- [4] ERTICO ITS Europe website (2010a), <http://www.ertico.com> [on-line].
- [5] Eurocities website (2010b), <http://www.eurocities.eu> [on-line].
- [6] HARRIS N.G., ANDERSON, R.J. (2007), *"An international comparison of urban rail boarding and alighting rates"*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, 221, 521-526.
- [7] Information Management Policies Assessment for City Transport Systems (IMPACTS) website (2010c), <http://www.impacts.org> [on-line].
- [8] International Benefits, Evaluation and Costs (IBEC) Working Group website (2010d), <http://www.ibec-its.co.uk> [on-line].
- [9] ITS America website (2010e), <http://www.itsa.org> [on-line].
- [10] LIU Q., MEDDA F. (2009), *"Port infrastructure efficiency: the Europe-Mediterranean case"*, International Journal of Shipping and Transport Logistics, 1, 361-385.
- [11] NOCERA S. (2010), *"Un approccio operativo per la valutazione della qualità nei servizi di trasporto pubblico / An Operational Approach for Quality Evaluation in Public Transport Services"*, Ingegneria Ferroviaria 65-4: 363-383.
- [12] NOCERA S. (2011), *"The key role of quality assessment in public transport policy"*, Traffic Engineering & Control 52-9: 394-398.
- [13] NOCERA S., TSAKARESTOS A. (2004), *"Demand responsive transport systems for rural areas in Germany - an overview of the projects MOBINET and MOB?"*, Traffic Engineering & Control, 45-10: 378-383.
- [14] Promotion of Operational Links with Integrated Services (Polis) website (2010f), <http://www.polis-online.org> [on-line].
- [15] RANDALL E., CONDRY B., TROMPET M. (2007), *"International bus system benchmarking: Performance measurement development, challenges, and lessons learned"*, In Washington D.C..
- [16] SCHMÖCKER J.-D., BELL M.G.H. (2009), *"Traffic control: Current systems and future vision of cities"*, International Journal of ITS Research, 8, 56-65.
- [17] SCHMÖCKER J.-D., COOPER, S., ADENEY W. (2005), *"Metro service delay recovery: Comparison of strategies and constraints across systems"*, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1930, 30-37.
- [18] TROMPET M., ANDERSON R.J., GRAHAM D. (2009) *"Variability in comparable performance of urban bus operations"*, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2111, 177-184.
- [19] ZAVITSAS K., KAPARIAS, I., BELL M.G.H. (2010), *"Transport problems in cities"*, CONDUITS Deliverable 1.1.