

Fig. 1 - Inquadramento territoriale della città di Padova.

Un modello di organizzazione del trasporto collettivo a servizio dei centri storici

Arch. Elisa FORNASIERO(*)

1. Introduzione

I nuclei urbani sono elementi in continuo sviluppo e il sistema dei trasporti, anche se con difficoltà, tende ad adeguarsi ai cambiamenti del territorio. In molti casi i piani di sviluppo non risolvono la questione che riguarda il rapporto tra le nuove infrastrutture e quelle già esistenti, nell'ambito della gestione dei flussi. La creazione di nuovi insediamenti, nonostante richieda (o dovrebbe richiedere) in fase progettuale il controllo del nuovo traffico generato, si limita solitamente a studi riguardanti l'area interessata dal nuovo progetto e non il sistema complessivo con il quale il progetto si relaziona. Le espansioni territoriali dei nuclei urbani, che principalmente av-

vengono verso le zone periferiche, hanno spesso portato alla creazione di nuove infrastrutture stradali, le quali hanno come diretta conseguenza un aumento dei flussi che si riversano sulla rete esistente creando, in molti casi, situazioni di congestione.

Gli effetti più negativi si riscontrano nei centri delle città storiche, le quali, presentano forti problemi all'adeguamento dei sistemi di trasporto per rispondere alle nuove esigenze di traffico. I centri storici sono sorti con una specifica conformazione inadeguata alle necessità attuali; sono soggetti a rigidi vincoli architettonici che consentono l'adeguamento del sistema di trasporto con interventi costosi (in sotterraneo) o parziali.

Tale questione risulta di gestione ancora più complicata all'interno dei centri storici delle città murate: l'accesso a questi particolari insediamenti abitativi, data la presenza della cinta muraria, avviene attraverso un limitato nu-

(*) Collaboratrice presso l'Unità di Ricerca Trasporti Territorio e Logistica, dell'Università IUAV di Venezia.

mero di punti, e di conseguenza il tentativo di risolvere la mobilità verso l'interno del centro città diventa ancora più complesso, in quanto il traffico in ingresso e in uscita è necessariamente distribuito su un numero ristretto di accessi facilmente soggetti a congestione.

La soluzione adottata dalla maggior parte delle città con centri storici di notevoli dimensioni è la creazione di zone a traffico limitato il cui accesso è consentito solo a particolari categorie di veicoli. E' da sottolineare che questa soluzione dovrebbe implicare anche un potenziamento del servizio di trasporto pubblico urbano tale da ovviare al disagio creato dalla nuova limitazione, ma non sempre questi due interventi sono realizzati parallelamente.

E' comunque evidente che questi interventi parziali non risolvono in modo efficiente il problema in quanto i flussi veicolari sono semplicemente deviati andando ad occupare altre infrastrutture interne al centro storico che raggiungono a loro volta una situazione di congestione.

Scopo del lavoro di cui si presentano i risultati è la creazione di un modello basato sull'analisi delle problematiche relative alla gestione dei flussi veicolari all'interno del centro storico di una città murata che proponga una soluzione alternativa alla mobilità individuale potenzialmente applicabile ad altre città che presentino simili caratteristiche.

2. Diagnosi del problema e possibili soluzioni

2.1. Analisi del caso di studio

La città scelta come oggetto studio è Padova: situata lungo collegamenti importanti quali l'asse Milano-Venezia e l'asse Venezia-Bologna, possiede, oltre ad una vasta zona industriale, un centro storico di grande rilevanza verso il quale confluiscono la maggior parte dei flussi, in quanto risulta essere fortemente attrattiva per i turisti e sede di numerose attività lavorative (fig. 1).

Queste caratteristiche portano la città ad avere un elevato traffico veicolare e data la particolare conformazione del centro storico, circondato da una cerchia di mura cinquecentesche, le possibilità di accesso sono ridotte ad un numero molto limitato: per entrarvi sono a disposizione 19 punti di accesso, 12 dei quali attualmente utilizzati in un unico senso di marcia.

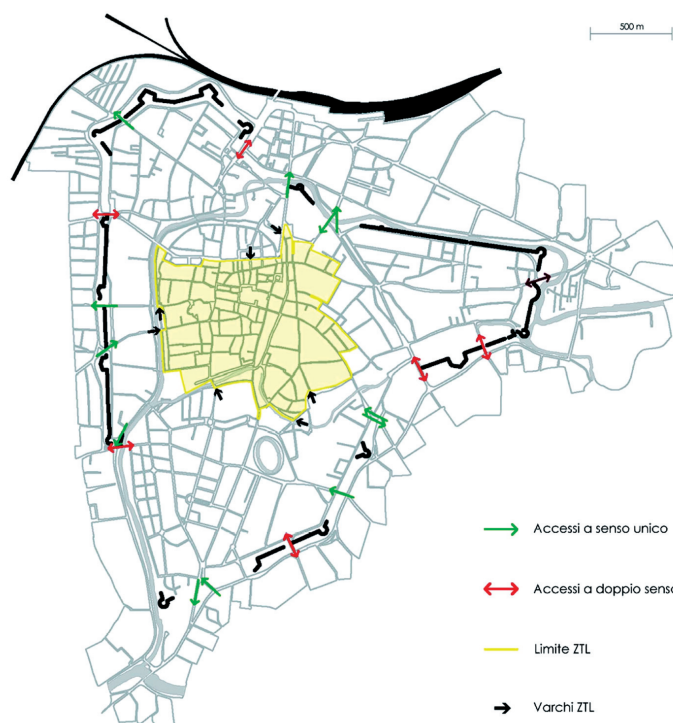


Fig. 2 - Punti di accesso al centro storico di Padova.

Il movimento all'interno del centro storico è inoltre vincolato dalla presenza di una ZTL, che limita la circolazione interna ed è regolata da molti tratti a senso unico di marcia che creano percorsi obbligati (fig. 2).

Ciò rappresenta un limite in quanto nel centro storico della città hanno sede la maggior parte dei poli attrattori di traffico, quali i punti di interesse per la collettività e le mete turistiche principali, situati lungo le due direttrici che lo attraversano nell'asse nord-sud e nord-est.

Per questo motivo la maggior parte dei punti di interscambio quali la stazione ferroviaria, il capolinea degli autobus urbani e degli autobus extraurbani sono collocati nella parte nord della città a ridosso del centro storico. Le zone dedicate alla sosta, presenti in modo rilevante a nord del centro storico sono invece rare all'interno, mentre nelle zone periferiche della città nelle quali sono collocate tre importanti uscite autostradali, sono presenti limitati punti di sosta e di interscambio.

Altra fondamentale caratteristica morfologica della città di Padova è la presenza di una strada perimetrale, che circonda il centro storico esternamente rispetto alle mura, sulla quale confluiscono tutti i flussi in entrata e



Fig. 3 - Principali provenienze dei flussi e punti critici.

in uscita. Le direttrici da cui provengono i flussi intersecano l'anello perimetrale in determinati nodi, creando una sorta di imbuto, nel quale la distribuzione delle correnti, principalmente nelle ore di massima punta, risulta problematica (fig. 3).

Ciò è dovuto anche al fatto che i nodi adiacenti al centro non sono dotati di parcheggi scambiatori e di conseguenza gli utenti che giungono in prossimità del centro con i mezzi di trasporto privato sono obbligati all'ingresso nell'anello perimetrale, senza poter utilizzare il servizio di trasporto pubblico urbano che potrebbe alleggerire in modo considerevole il traffico in entrata e in uscita.

Alla congestione dell'anello perimetrale contribuiscono, oltre ai flussi in ingresso e uscita, anche le correnti di attraversamento: una parte degli utenti utilizza la strada perimetrale per attraversare la città, come alternativa ad altri percorsi tangenziali, in quanto in molti casi i tratti risultano decisamente più brevi in termini di lunghezza, nonostante poi risultino spesso con livelli di servizio modesti.

La difficoltà di accesso con veicoli propri e la mancanza di sufficienti aree di sosta all'interno del centro storico non risultano comunque essere un deterrente per gli uten-

ti i quali continuano a prediligere l'uso del mezzo privato: dai dati presentati nel PUM (2001)⁽¹⁾ risultano 10.600 (9,3% del totale giornaliero) gli utenti che con modi di trasporto individuale accedono al centro storico nell'ora di massima punta 7.30-8.30, mentre, degli spostamenti che hanno come destinazione il centro storico, solo il 25% è effettuato con modi di trasporto pubblico urbano.

L'analisi effettuata dimostra che, per risolvere la questione dell'accesso nell'area centrale, è necessario ridurre i flussi in ingresso e in uscita dal centro storico e incentivare di conseguenza l'utilizzo dei sistemi di trasporto collettivo, i quali attualmente offrono un'alternativa di livello tale, per quanto concerne comfort e prestazioni, da non indurre gli utenti a sceglierli come soluzione.

Infatti, se da un lato il trasporto pubblico urbano risponde in modo esauriente alla domanda dell'utenza proveniente dalla periferia, dall'altro non offre la stessa qualità di servizio per gli spostamenti all'interno del centro storico. Le linee degli autobus urbani permettono agli utenti della periferia e dei paesi limitrofi di raggiungere in tempi ragionevoli il centro della città, ma non si sviluppano in modo

capillare all'interno del centro offrendo di conseguenza un servizio soddisfacente solo lungo le vie principali (in un raggio di 200-300 m), mentre i tempi di attesa in genere oscillano tra i 10 e i 20 minuti (fig. 4).

Negli ultimi anni si sono cercate delle soluzioni come ad esempio la nuova linea tramviaria che percorre l'asse principale del centro storico da nord a sud. Tale servizio (con veicoli a guida di monorotaia su pneumatici) al momento copre la tratta dalla stazione ferroviaria al "capolinea sud" collocato in zona Guizza, mentre è in corso di completamento l'ultimo tratto della linea che dalla stazione raggiungerà il "capolinea nord" in zona Arcella (fig. 5).

Attualmente la rete tramviaria è incompleta in quanto il progetto prevede altre 2 linee le quali, come l'esistente, sono pensate per gli spostamenti centro-periferia e serviranno il centro storico solo lungo le direttrici principali nelle quali saranno collocate.

Pertanto anche in previsione futura il sistema tramvia-

⁽¹⁾ Piano urbano della mobilità redatto nel 2001 per il Comune di Padova da Transystem S.p.A..

rio non porterà un cambiamento sensibile alle abitudini degli utenti del centro storico, che continueranno a prediligere l'uso del mezzo privato in quanto percepito come "più comodo" (in termini di percorrenza e accessibilità) per raggiungere qualunque destinazione desiderata.

2.2. Linee guida della proposta di intervento

Lo studio effettuato consente di proporre nuove soluzioni ai singoli problemi esaminati che nel complesso possono essere assunti come linee guida di potenziali interventi nelle aree centrali urbane.

Le possibili soluzioni sono di seguito sintetizzate.

- Per quanto concerne il problema della congestione dell'anello perimetrale in prossimità degli accessi al centro storico, dovuto al fatto che questi nodi non sono dotati di adeguati parcheggi scambiatori, la soluzione proposta riguarda il divieto di accesso al centro storico nei giorni feriali per i mezzi di trasporto privati con l'esclusione dei residenti all'interno delle mura e la realizzazione, per gli utenti provenienti dall'esterno, di *parcheggi scambiatori* nella periferia della città, in prossimità degli accessi autostradali e degli snodi principali integrati dai servizi dedicati di cui al punto successivo.
- La seconda problematica riguarda l'inefficienza del sistema degli autobus urbani, i quali servono in maniera adeguata solo alcune zone del centro storico, pertanto nelle restanti zone gli utenti prediligono l'utilizzo dei mezzi privati. Viene quindi proposta la realizzazione di un *nuovo sistema di trasporto pubblico*, che utilizzerà veicoli elettrici in conformità con le direttive sull'inquinamento e la tutela dell'ambiente⁽²⁾, a servizio esclusivo del centro storico e caratterizzato da una rete più capillare in grado di aumentare la copertura del servizio nelle zone finora meno raggiunte.
- L'unica linea del tram su gomma presente nel centro storico ricalca il percorso di alcune linee degli autobus urbani. Serve in maniera efficiente l'asse centrale della città ma se non adeguatamente completata risulta un intervento isolato che non migliora sensibilmente la qualità del trasporto pubblico, per questo motivo è necessario rendere il *tram parte integrante e punto di forza*

⁽²⁾ Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.



Fig. 4 - Sviluppo delle linee degli autobus urbani e frequenze.

del nuovo sistema, considerandone l'alta capacità di trasporto rispetto ad un normale autobus.

3. Analisi e verifica della proposta

3.1. Verifica comparativa

Interdire l'accesso al Centro Storico di Padova ai mezzi di trasporto privati è una possibile soluzione al problema della congestione, ma occorre tener conto che richiede una radicale modifica delle abitudini degli utenti. Per valutare come questi cambiamenti possano essere recepiti viene assunto come esempio il caso di Venezia, città nella quale gli utenti esterni si muovono principalmente a piedi o con i mezzi di trasporto pubblico. Essendo i centri storici di queste due città dimensionalmente simili sono anche paragonabili dal punto di vista delle percorrenze (fig. 6).

A Venezia gli utenti si muovono principalmente a piedi, in quanto non tutte le mete sono raggiungibili attraverso l'utilizzo di mezzi di trasporto, e le distanze percorse sono anche superiori ai 1000 m.

A Padova, per gli spostamenti nel centro storico, tranne nei casi di limitazione di accesso, gli utenti prediligono

l'uso del mezzo privato. Considerando però le distanze che devono essere percorse a piedi dall'utente che lascia in sosta il veicolo in uno dei parcheggi del centro, si nota che comunque si tratta di distanze considerevoli, che sarebbero notevolmente ridotte se l'utente scegliesse il trasporto pubblico adeguatamente migliorato.

A tale scopo occorrono livelli di servizio più elevati, considerando che le frequenze dovranno essere tali da competere con le prestazioni (tempi e comfort) del veicolo privato e che le distanze di percorrenza a piedi tra le fermate del nuovo sistema e le destinazioni ad esse correlate non dovranno risultare superiori a quelle attualmente ritenute accettabili.

3.2. Impostazione del sistema

In base alle ipotesi assunte si è valutata in 400 m la distanza ammissibile di percorrenza a piedi. I percorsi del nuovo sistema di autobus sono stati collocati attraverso una scansione teorica del centro storico in microaree di 300x300 m al fine di individuare il numero di percorsi necessari per coprire l'intero centro storico lungo gli assi nord-sud ed est-ovest. Le linee di autobus necessarie risultano essere 3 per entrambe le percorrenze ma, al fine di integrare la nuova rete di autobus elettrici con il sistema tramviario già in funzione all'interno del centro storico, una delle linee nord-sud viene sostituita dalla linea tramviaria già esistente.

La rete si sviluppa quindi lungo 5 percorsi, 2 nell'asse nord-sud e 3 nell'asse est-ovest integrati dalla linea del tram.

All'estremità dei percorsi sono collocati 4 parcheggi scambiatori che fungono anche da capolinea del nuovo sistema: le zone scelte hanno una funzione strategica in quanto sono collocate nella periferia della città lungo gli assi stradali dai quali provengono i principali flussi in ingresso e in uscita (fig. 7).

Dai parcheggi scambiatori i nuovi autobus percorrono un tratto comune, nel quale non sono previste fermate intermedie, fino al primo punto di interscambio collocato in

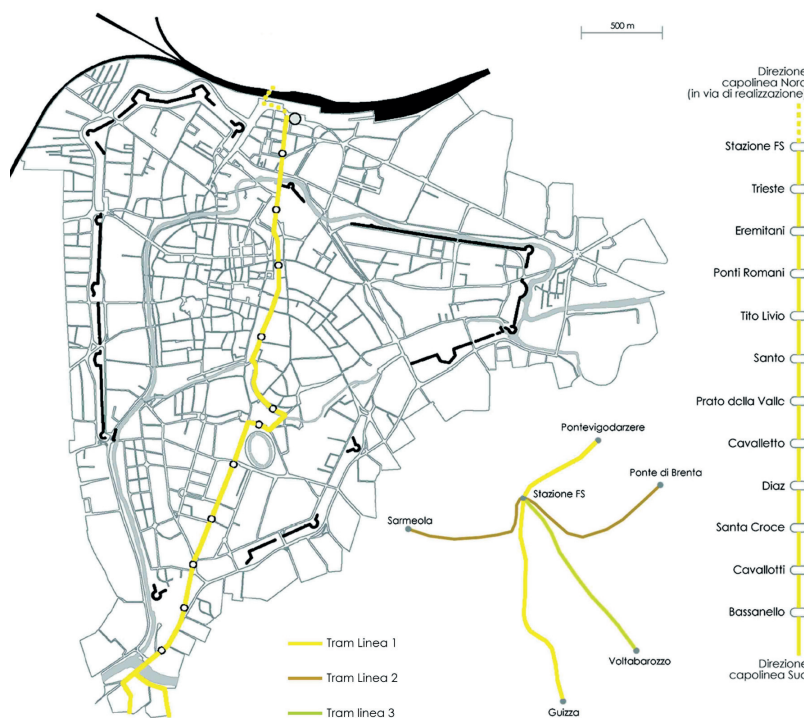


Fig. 5 - Sviluppo della linea tramviaria.

prossimità degli accessi al centro storico. Da questo punto in poi gli autobus si diramano lungo diversi percorsi all'interno del centro, nei quali la distanza massima tra due fermate non supera i 400 m (come è pratica comune per un servizio di autobus), fino a raggiungere l'ultimo punto di interscambio collocato in prossimità delle mura, all'estremo opposto. Gli autobus percorrono infine l'ultimo tratto comune, senza fermate intermedie, che porta al parcheggio scambiatore collocato all'altra estremità intermodale. Il nuovo sistema si sviluppa in modo capillare all'interno del centro storico, offrendo un maggior numero di collegamenti e, di conseguenza, andando ad integrare le carenze del sistema degli autobus esistenti.

In fig. 8 si espongono dati di dettaglio di una delle linee a fini esemplificativi. I singoli itinerari sono stati definiti attraverso un processo di ottimizzazione del percorso basato sui due principi della massima copertura del territorio e del minimo percorso a piedi.

3.3. Dimensionamento del sistema

Nel dimensionare la capacità del nuovo sistema viene preso come riferimento il dato relativo agli spostamenti

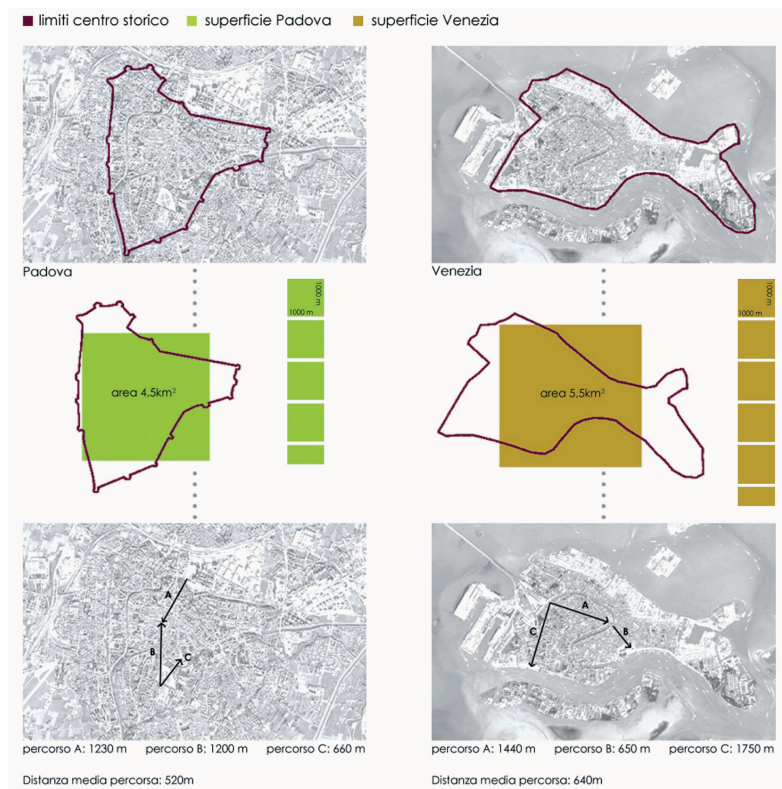


Fig. 6 - Confronto dimensionale tra i centri storici di Padova e Venezia.

con modi di trasporto privati nell'ora di massima punta mattutina 7.30-8.30 (PUM 2001). Considerando solo la fascia di spostamenti che riguarda il centro storico ed escludendo inoltre gli spostamenti dei residenti (quelli che hanno origine e destinazione nell'area centrale della città), si può stabilire una domanda interessata al nuovo sistema di trasporto di 10.600 spostamenti nell'ora di punta del mattino.

L'occupazione media per autovettura è stata stimata (PUM 2001) pari a 1,2 passeggeri/veicolo che costituisce un bacino di utenza di 12.720 utenti da suddividere fra i 4 capolinea. All'interno di questo sistema va però considerato anche il tram, il quale a tutt'oggi è sotto utilizzato rispetto alle sue potenziali capacità, in quanto non si presenta come un sistema capillare ma si sviluppa lungo un'unica direttrice.

Con l'entrata in funzione del nuovo sistema di autobus elettrici si ritiene che parte degli utenti utilizzi in alternativa i capolinea del sistema tramviario il quale data la maggiore capacità di trasporto (1.800-2.000 pass/ora) si può considerare in grado di gestire la nuova fascia di utenza.

Per quanto riguarda le frequenze dei nuovi autobus, aspetto strategico del sistema sulla base della stima di utenti, per ogni linea nell'ora di punta la cadenza scelta è di 4 minuti. Nel resto della giornata tale frequenza sarebbe eccessiva rispetto alla reale richiesta, di conseguenza negli orari 06.00-07.00, 09.00-17.00 e 20.00-22.00 le frequenze vengono diminuite a un passaggio ogni 10 minuti. Essendo vietato l'accesso al centro storico per i non residenti nell'intero arco della giornata, il servizio degli autobus elettrici è continuativo nelle 24h ma riduce ulteriormente la frequenza negli orari notturni ad 1 passaggio ogni 15 minuti dalle 22.00 alle 00.00 e ogni 30 minuti dalle 00.00 alle 06.00.

Il dimensionamento dei servizi determina la necessità di un parco autobus composto da 84 autobus elettrici, 76 dei quali utilizzati giornalmente, e 8 autobus utilizzati a rotazione nei periodi di manutenzione ordinaria in base ai programmi manutentivi della casa costruttrice.

Il tipo di autobus elettrico sul quale è stato dimensionato il sistema è un veicolo presente nel mercato la cui lunghezza è circa 8 m e la capienza è 55 posti (fig. 9). Nella composizione del parco autobus va tenuto in considerazione il fatto che la tipologia di veicoli utilizzati necessita di un tempo di ricarica di 6h per un'autonomia di 130 km.

Nelle figg. 10, 11 e 12 vengono illustrati nello specifico il grafo del sistema, il progetto di esercizio e le indicazioni per l'utilizzo della nuova rete.

4. Valutazione economica per la collettività

Necessaria, al fine di determinare la fattibilità della soluzione proposta, è la valutazione dei benefici e dei costi.

Le variabili prese in considerazione riguardano i *costi del progetto*, distinguibili in costi di investimento (costo degli autobus elettrici e costo dei parcheggi scambiatori), costi per la collettività (costo annuo di esercizio degli autobus e costo d'uso dei parcheggi), e i *benefici* annui (risparmio rispetto all'utilizzo dell'auto).

4.1. Costi di investimento

Per calcolare il costo di investimento degli 84 autobus elettrici necessari a formare l'intero parco è stato stabilito, tramite una stima comparativa, un valore di costo unitario per autobus di 300.000 € che determina un costo finanziario totale di 25,2 Mio EUR.

Il costo di investimento dei parcheggi scambiatori è frutto di un'elaborazione che prende in considerazione diverse variabili: utilizzando i dati relativi al numero di utenti giornalieri, si è stabilito, in base al coefficiente di riempimento, il flusso di auto giornaliero nei parcheggi scambiatori, al fine di dimensionare attraverso il coefficiente di rotazione di utilizzo dei parcheggi il numero di posti auto necessari in ciascuno.

Considerando il costo base per la realizzazione dei parcheggi si è stimato, attraverso procedure di calcolo parametrico e per analogia con realizzazioni simili, un costo finanziario totale di 70,15 Mio EUR⁽³⁾ che aggiunto al costo di investimento degli autobus porta ad un costo totale del progetto di 95,35 Mio EUR. E' da sottolineare però che lo scenario di dimensionamento del progetto (scenario A) si basa su una domanda giornaliera definita dal PUM che individua i flussi di domanda potenziale del sistema attraverso l'attribuzione di una percentuale ai flussi calcolati nell'ora di punta del mattino definita pari al 9,3% del totale giornaliero.

Considerando questo scenario come ottimistico in previsione futura, e volendo quindi valutare la fattibilità del progetto anche in situazione di trend sfavorevole in termini di domanda potenziale, si è ipotizzato un secondo scenario (B) nel quale il valore del flusso di veicoli nell'ora di punta mattutina viene ritenuto superiore del 10% rispetto allo scenario A e perciò pari al 19,3% del totale giornaliero. In questo scenario quindi la domanda potenziale giornaliera risulta molto inferiore; il flusso di veicoli nell'ora di punta del mattino assunto pari al 19,3% del totale determina una domanda potenziale equivalente a circa il 50% di quella dedotta nello scenario A.

⁽³⁾ La tipologia dei parcheggi è a raso e il costo di ogni stallo è stato assunto pari a circa 3.000 EUR (comprensivo di opere accessorie), valore medio di mercato di interventi simili nell'area di studio.

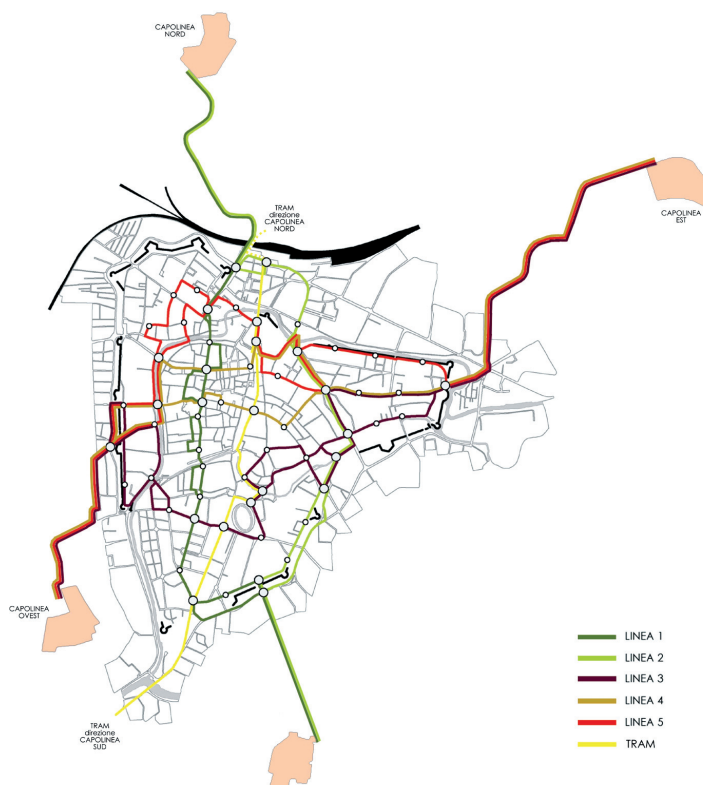


Fig. 7 - Impianto generale della nuova rete di trasporto.

I costi di investimento dello scenario B sono stati assunti uguali a quelli dello scenario A allo scopo di valutare se il progetto, nel caso risultasse sovradimensionato rispetto alla domanda effettiva (in termini di standard di offerta e qualità), fosse comunque fattibile dal punto di vista della valutazione economica per la collettività.

Le due variabili che subiscono modifiche a causa della variazione percentuale del dato sui flussi sono i costi di esercizio annui e i benefici annui.

4.2. Costi per la collettività

Tra i costi occorre considerare sia quelli d'esercizio del nuovo sistema di autobus sia quelli pagati dagli utenti per l'utilizzo dei parcheggi scambiatori. I primi in entrambi gli scenari sono stati calcolati assumendo una percorrenza giornaliera di 13.027 km e un costo per autobus pari a 4,86 € veic/km⁽⁴⁾: il costo annuo totale risul-

⁽⁴⁾ Dato medio di esercizio per linee urbane con autobus a trazione elettrica. Fonte ATAC, Comune di Roma.

ta di circa 19 Mio EUR (considerando 300 giorni di esercizio) in entrambi gli scenari in quanto, nonostante la riduzione della domanda nello scenario B, le frequenze giornaliere degli autobus non subiscono variazioni.

Per quanto riguarda i costi per l'utente riguardanti l'uso dei parcheggi scambiatori applicando una tariffa di 1,00 € per la sosta giornaliera di un veicolo, l'ammontare annuo differisce nei due scenari a causa della diversa domanda: nello scenario A il valore risulta 26,3 Mio EUR mentre nello scenario B 12,7 Mio EUR.

4.3. Benefici

Per quanto riguarda i benefici annui vengono considerati i risparmi di percorrenza delle auto di tutti i flussi in entrata e diretti verso il centro storico. Utilizzando il nuovo sistema, in sostituzione dei mezzi privati, si genera un risparmio di km percorsi giornalmente (andata e ritorno) da ciascun capolinea al centro storico. Assumendo un costo medio a km di 0,36 €⁽⁵⁾, si ottiene un beneficio di 3,00 €/veicolo. Anche in questo caso i benefici nei due scenari risultano differire a causa della diversa domanda ipotizzata e saranno rispettivamente di 79 Mio EUR per lo scenario A e di 38 Mio EUR per lo scenario B⁽⁶⁾.

4.4. Risultati dell'analisi

Utilizzando i valori calcolati nello sviluppo dell'analisi benefici/costi di entrambi gli scenari, considerando un tasso di ammortamento del 5% e un'ipotesi di crescita della domanda dell'1% annuo, ambedue gli scenari ottengono un valore attuale netto e un tasso di rendimento interno positivi. L'analisi è stata effettuata per una vita utile di 15 anni al termine dei quali si è assunto un valore residuo pari a zero.

Il progetto quindi, anche in previsione di una domanda inferiore rispetto a quella utilizzata per il dimensionamento, risulta comunque fattibile. E' da sottolineare però che lo scenario B è da considerarsi come scenario limite, in quanto un ulteriore abbassamento della domanda porterebbe il progetto ad avere un tasso di rendimento interno negativo e quindi risulterebbe non sostenibile dal punto di vista economico (tab.A).

Tuttavia si fa notare che lo scenario B si basa su una previsione di domanda di circa la metà dello scenario A per cui non si ritengono possibili ulteriori ipotesi peggiorative.

⁽⁵⁾ Fonte ACI Automobil Club Italia. Tabelle nazionali dei costi chilometrici di esercizio, Gazzetta Ufficiale n° 296, 21/12/2007 (valida per l'anno 2008).

⁽⁶⁾ In ogni caso i benefici, così come tutti i costi, sono stati calcolati in termini "economici" cioè depurati dai trasferimenti interni alla collettività.

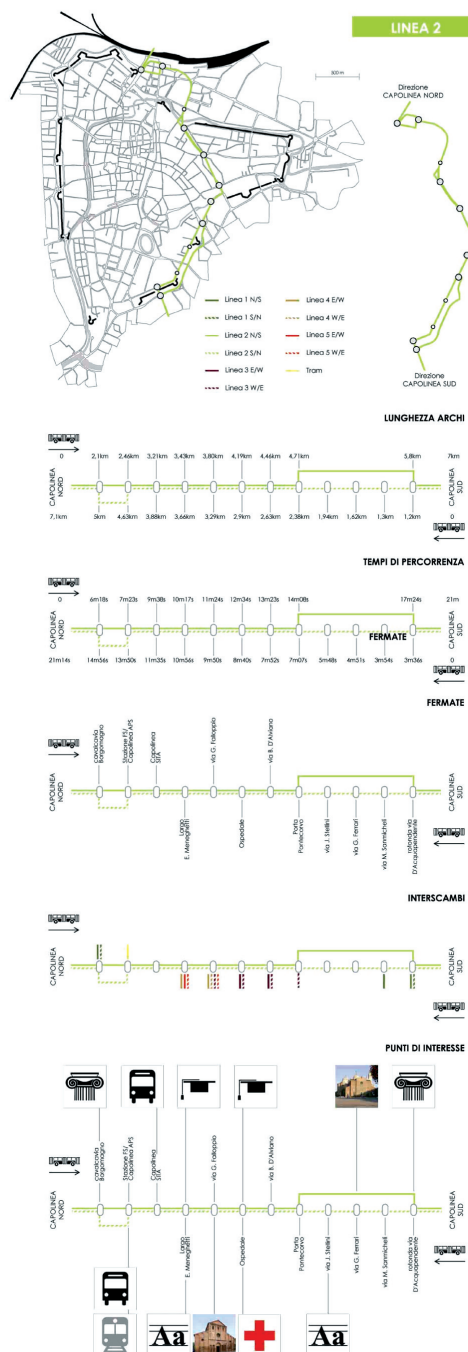


Fig. 8 - Dati caratteristici di una linea di progetto.

VALUTAZIONE DI FATTIBILITÀ: CONFRONTO SCENARI

ANALISI BENEFICI/COSTI

SCENARIO A	SCENARIO B
<i>Costi di investimento del progetto</i>	<i>Costi di investimento del progetto</i>
Finanziari: 95.345.574 €	Finanziari: 95.345.574 €
Economici (0,7): 66.741.902 €	Economici (0,7): 66.741.902 €
<i>Costi annui</i>	<i>Costi annui</i>
Costo uso parcheggi: 26.302.729 €	Costo uso parcheggi: 12.674.372 €
Costo esercizio autobus: 18.993.600 €	Costo esercizio autobus: 18.993.600 €
<i>Benefici annui</i>	<i>Benefici annui</i>
Risparmio rispetto all'uso dei mezzi privati: 78.908.188 €	Risparmio rispetto all'uso dei mezzi privati: 38.023.116 €
Tasso di ammortamento: 5%	Tasso di ammortamento: 5%
Ipotesi di crescita della domanda: 1% annuo	Ipotesi di crescita della domanda: 1% annuo
V.A.N.: 342.860.000 €	V.A.N.: 28.480.000 €
T.R.I.: 53,69	T.R.I.: 10,12

4.5. Efficacia del progetto

Per stabilire la reale efficacia del progetto, oltre alla verifica della fattibilità economica è opportuna una simulazione teorica dell'efficacia del sistema che ne dimostri le prestazioni e confronti i vantaggi in termini di tempi e costi rispetto all'attuale offerta.

Sono state effettuate 3 simulazioni⁽⁷⁾ (fig. 13) che prendono in esame gli itinerari di 3 utenti tipo del centro storico della città per confrontare come questi itinerari vengano percorsi attualmente e come gli stessi potrebbero essere percorsi in presenza del nuovo sistema di trasporto.

Il primo itinerario è un percorso casa-ospedale, effettuato in un orario non di punta, da un utente che risiede in un paese situato a 20 km da Padova: attualmente il tragitto viene percorso interamente utilizzando l'auto privata mentre il nuovo sistema di trasporto comporterebbe l'utilizzo dell'autobus elettrico nell'ultimo tratto dalla periferia di Padova all'Ospedale.

In entrambi i casi i costi del viaggio sostenuti dall'utente e i tempi di percorrenza sono pressoché uguali quindi in questo caso l'utente non viene penalizzato dal nuovo sistema ma anzi ottiene dal servizio pubblico lo stesso livello di prestazione dato dal mezzo privato anche se con rottura di carico.

Il secondo itinerario è un tipico percorso casa-lavo-

⁽⁷⁾ L'attribuzione della domanda agli itinerari è stata effettuata con una procedura "tutto o niente", dato il tipo di rete in esame ed il livello "metodologico" dello studio.

ro, effettuato in orario di massima punta, da un utente che risiede a 15 km da Padova: attualmente il percorso fino al parcheggio situato all'interno del centro storico viene effettuato con l'auto privata e l'ultimo tratto per raggiungere il posto di lavoro viene percorso a piedi, mentre il nuovo sistema di trasporto comporterebbe l'utilizzo dell'autobus elettrico nel tratto compreso tra la periferia e il centro storico e ridurrebbe l'ultimo tratto di percorrenza a piedi.

Il costo del viaggio in questa seconda simulazione diminuisce notevolmente nell'ipotesi di utilizzo del nuovo sistema di trasporto, mentre i tempi di viaggio sono in linea nel confronto tra le due ipotesi e confermano anche in questo caso per entrambe, gli stessi livelli di prestazione.

La terza simulazione riguarda il percorso Stazione FS-Università, effettuato in orario di punta, da un tipico utente che raggiunge Padova utilizzando il treno: in questo caso il confronto riguarda i costi e i tempi di percorrenza di un itinerario percorso utilizzando il nuovo sistema di autobus elettrici in alternativa all'attuale si-



Fig. 9 - Veicolo tipo.



quanto avendo maggiori frequenze può garantire anche maggiore affidabilità.

5. Conclusioni

Lo studio affrontato prendendo in esame il centro storico della città di Padova per la calibrazione del modello di organizzazione del trasporto collettivo proposto, indica una possibile soluzione al problema della congestione dovuta al traffico veicolare nell'area centrale, e

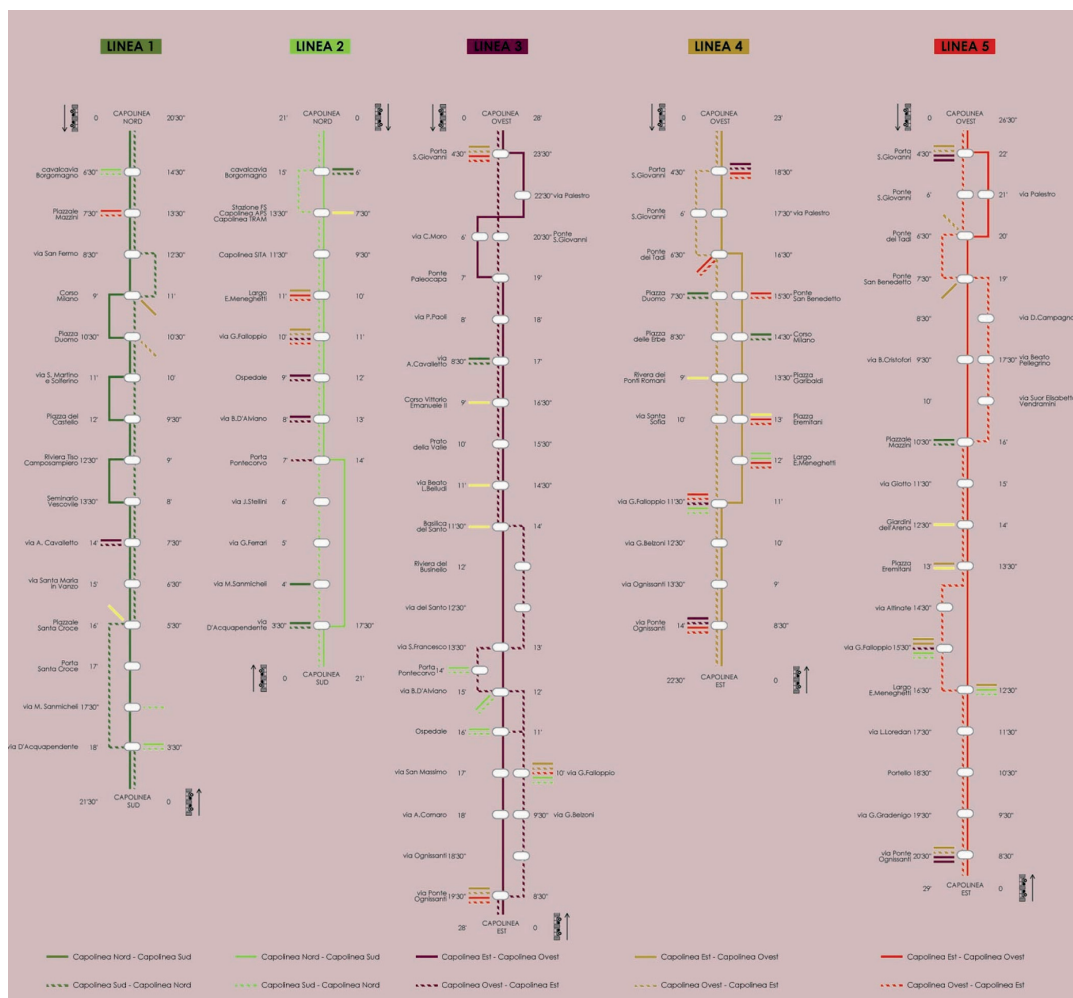


Fig. 11 - Progetto di esercizio del nuovo sistema.

sviluppa una proposta che, date le caratteristiche morfologiche del luogo, può essere applicabile anche ad altre città che presentino la medesima conformazione.

Le caratteristiche di Padova sono infatti simili a quelle di molte altre città italiane. Come Padova anche numerose altre città sono situate nei pressi di importanti collegamenti autostradali e sono poli attrattori di grandi quantità di flussi in quanto importanti mete turistiche e sedi di numerose attività lavorative, molte delle quali collocate all'interno dei centri storici.

Simili caratteristiche possono determinare in queste città la presenza delle medesime problematiche che si sono riscontrate per la città di Padova.

Di conseguenza la soluzione che qui è stata proposta, si può ritenere applicabile anche ad altri contesti, previa un'analisi specifica riguardante la domanda di mobilità, che dovrà essere tale da consentire al progetto di risultare sostenibile dal punto di vista economico.

Altro aspetto fondamentale da considerare per l'applicazione in altri contesti è la simulazione di utilizzo



Un nuovo modo
di vivere la città

Padova



Mappe delle linee
- Centro Storico -

Capolinea / Percorsi / Frequenze

Come raggiungere ... ?

CAPOLINEA NORD

Dall'**A4 uscita Padova Ovest**:
Entrare in SP47 direzione Padova Centro.
Dopo 0,8 km prendere l'uscita in direzione Padova.
Alla rotonda, prendere l'uscita 3a per Via Po.
Alla rotonda, prendere l'uscita 2a per Via S. Cuore.
Svoltare a destra in Via Natissone.
Proseguire dritto per 0,1 km.

CAPOLINEA SUD

Dall'**A13 uscita Padova Sud**:
Prendere l'uscita verso Chioggia/A4/.
Entrare in Corso Primo Maggio.
Proseguire dritto per 2,1 km.
Prendere l'uscita 11-Via Bembo verso Padova.
Alla rotonda, prendere l'uscita 3a per via P. Bembo.
Proseguire dritto per 1,5 km.

CAPOLINEA EST

Dall'**A4 uscita Padova Est**:
Svoltare a sinistra su Corso Argentina.
Proseguire su Corso Argentina.
Corso Argentina diventa Corso Irlanda.
Prendere l'uscita verso Via Giuseppe Zanardelli.
Proseguire dritto per 0,3 km.

CAPOLINEA OVEST

Dall'**A13 uscita Padova Sud**:
Proseguire su SR47 in direzione Padova/Vicenza.
Dopo 3,9 km prendere l'uscita verso Cav. Brusegana.
Svoltare a destra in Cavalcavia Brusegana.
Alla rotonda, prendere l'uscita 2a per Via Sorio.
Svoltare a destra in Via Libia.
Svoltare a sinistra in Via Monte Pertica.
Proseguire dritto per 0,3 km.

Punti d'interesse serviti

 DUOMO fermata: Piazza Duomo	 CAPPELLA DEGLI SCROVEGNI fermata: Giardini dell'Arena
 IL SANTO fermata: Basilica del Santo	 TORRE DELL'OROLOGIO fermata: Piazza Duomo
 LA SPECOLA fermata: Ponte Paleocapa	 PRATO DELLA VALLE fermata: Prato della Valle Corso V. Emanuele II
 SANTA GIUSTINA fermata: Prato della Valle	 ORTO BOTANICO fermata: Basilica del Santo
 SANTA SOFIA fermata: via G. Falloppio	 PALAZZO DELLA REGIONE fermata: Piazza delle Erbe

Servizi

STAZIONE FS	fermata: Stazione FS/Capolinea Aps	 
CAPOLINEA APS	fermata: Stazione FS/Capolinea Aps	 
CAPOLINEA SITA	fermata: Capolinea SITA	
OSPEDALE	fermata: Ospedale	 

Frequenze autobus giornaliere

ore	00 - 06	06 - 07	07 - 09	09 - 17	17 - 20	20 - 22	22 - 00
0	0	0	0	0	0	0	0
10		10	12	10	12	10	15
20		20	20	20	20	20	
30	30	30	32	30	32	30	30
40		40	40	40	40	40	
50		50	52	50	52	50	50

Fig. 12 - Indicazioni per l'utilizzo del sistema.

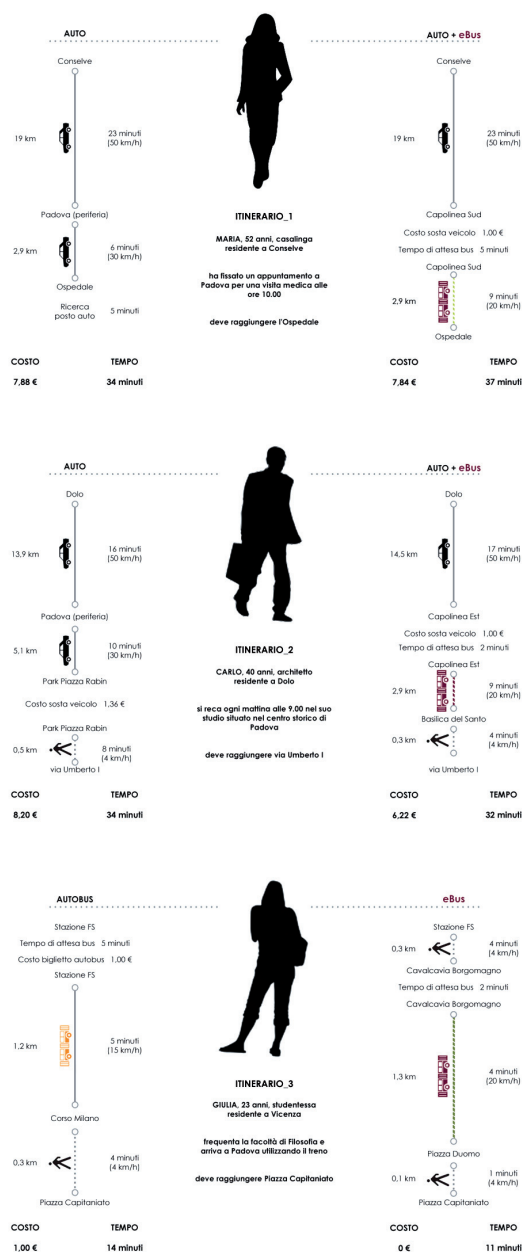


Fig. 13 - Simulazione di verifica delle prestazioni.

del sistema, in quanto, stabilendo come condizione il divieto di accesso al centro storico e quindi obbligando gli utenti ad utilizzare il nuovo sistema senza consentire loro l'alternativa del mezzo privato, è necessario offrire un servizio che presenti livelli di comfort e prestazione almeno uguali o superiori a quelli dati dal mezzo privato, al fine di non penalizzare l'utente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ACI, Gazzetta Ufficiale n° 296, 21/12/2007, "Tabelle nazionali dei costi chilometrici di esercizio".
- [2] ATAC, 2007, Rapporto mobilità 2007, Comune di Roma.
- [3] G. BORRUSO, 1999, "Trasporti nel futuro: scenari possibili, impossibili, quasi possibili", F. Angeli, Milano.
- [4] A. CAPPELLI, 2000, "Strumenti e metodologie per la gestione del sistema stradale urbano", F. Angeli, Milano.
- [5] A. CAPPELLI, A. LIBARDO S. NOCERA (a cura di), 2008, "I trasporti nella città del XXI secolo - Scenari per l'innovazione", Aracne Editrice, Roma.
- [6] Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, "Direttiva 2008/50/CE" del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008.
- [7] L. QUAGLIA, A. NOVARIN, 2005, "Fermate del trasporto pubblico urbano: criteri di localizzazione e dimensionamento", AIIT, Roma.
- [8] B. RICHARDS, 2001, "Future transport in cities", Taylor & Francis, New York.
- [9] B. SECCHI, 2005, "La città del ventesimo secolo", GLF editori Laterza, Roma.
- [10] Transystem S.p.A., 2001, "Piano urbano della mobilità", (PUM), Comune di Padova.

Siti Internet

- 1) www.aae.it Portale dedicato al mondo dei veicoli elettrici e della mobilità sostenibile.
- 2) www.apsholding.it Sito ufficiale del gestore del trasporto pubblico urbano di Padova.
- 3) www.ceiweb.it/CIVES/home.htm Sito della commissione italiana veicoli elettrici stradali.
- 4) www.cittaelettriche.it Portale che offre una panoramica delle varie tipologie di sistemi di trasporto a trazione elettrica e delle città in cui sono presenti.
- 5) homepage.ntlworld.com/c.fuller1/Oreos.html Pagina dedicata all'autobus elettrico Oreos 55E di cui vengono elencate le principali caratteristiche.
- 6) www.padovanet.it Sito ufficiale del Comune di Padova.
- 7) www.tramdipadova.it Sito ufficiale del tram di Padova.