



IIASA

International Institute for
Applied Systems Analysis
Schlossplatz 1
A-2361 Laxenburg, Austria

Tel: +43 2236 807 342
Fax: +43 2236 71313
E-mail: publications@iiasa.ac.at
Web: www.iiasa.ac.at

Interim Report IR-04-045/September

Condizioni al Contorno per un Progetto di Metropolitana a Firenze

Cesare Marchetti (marcheti@iiasa.ac.at)

Approved by

Leen Hordijk
Director

September 2004

Interim Reports on work of the International Institute for Applied Systems Analysis receive only limited review. Views or opinions expressed herein do not necessarily represent those of the Institute, its National Member Organizations, or other organizations supporting the work.

Contents

Il Manifesto	1
Dieci pillole per la salute	1
Commenti al preprogetto	3
Considerazioni di base: La città' e la mobilita'	6
(1) La città frattale	6
(2) La velocità e il territorio	8
(3) La velocità e i soldi	12
(4) Avanti e indietro	15
(5) Eperopoli e hard core	17
(6) Big is beautiful.....	19
(7) Il corridoio come città sintetica	21
(8) Telefonare o viaggiare?	23
(9) Il futuro nel passato.....	24
(10) Dai modelli alle considerazioni su Firenze.....	25
Riflessioni varie su vecchie e nuove vie di traffico per Firenze.....	27

Abstract

This paper presents a system analysis for planning a Metro Transport System for the city of Florence, but because of the generality of the approach the methodology and the results are of a general character.

We start from the anthropological invariants of travel behavior where people travel one hour a day, mean, and maximize their velocity in order to maximize the territory under their control.

Normally the car has the maximum velocity, door to door, even in urban contexts, and this very simply explains the great attachment of the travelers to this medium. The only way to shift the public to a public transport system is to move them faster. This is not easy but it is possible and it is explained in the paper.

The current anti-car measures per se do not switch passengers into slow public transport, but switch their targets, e.g., shops and offices, to places accessible to the car, i.e., to the periphery. This process is in full swing in Florence where not only shops and supermarkets, but also the Tribunal and the University are being moved out. This draws life out of the city that is becoming an empty shell populated by wandering tourists.

About the Author

Cesare Marchetti started his career as a physicist, was then manager of research laboratories, and finally spent 30 years as a researcher in IIASA doing system analysis. He produced very simple predictive models, the physicist way, on the most variegated subjects, from the dynamics of energy markets to the evolution of transport systems. His papers are collected on his web site www.cesaremarchetti.org/.

Condizioni al Contorno per un Progetto di Metropolitana a Firenze

Cesare Marchetti

Il Manifesto

Come diremo nel testo, l'obiettivo che la micrometropolitana si deve proporre non deve essere quello abbastanza banale di aggiungere un altro mezzo di trasporto pubblico a quelli già esistenti con lo scopo di sdipanare un po' il groviglio esistente, ma di costituire un nucleo di decisionalità per riorganizzare le infrastrutture di trasporto di Firenze in modo da restituire al centro l'accessibilità che è funzione necessaria alla sua funzionalità'.

Questo obiettivo è fattibile ma le condizioni al contorno per raggiungerlo sono complesse e durissime. Sostanzialmente bisogna rendere accessibile una porzione significativa e centrale della città con velocità medie porta-porta superiori a quelle raggiungibili nella periferia accessibile all'auto che possiamo prendere indicativamente a 40 km/hr.

Verranno illustrate le ragioni che portano ineluttabilmente a queste condizioni, i punti del preprogetto che vanno riveduti ed estesi, nonché le misure di viabilità connesse che dovrebbero essere realizzate in concomitanza alla metropolitana per raggiungere l'ambizioso obiettivo della riabilitazione funzionale del centro storico come detto nella premessa.

Dieci pillole per la salute

L'obiettivo di questi 10 suggerimenti è di ripristinare progressivamente la funzionalità del centro di Firenze reinstallando la mobilità necessaria per esplicitare le sue funzioni. La micrometropolitana opportunamente congegnata può giocare un ruolo centrale ma non può essere vista come un elemento isolato. Anche il traffico veicolare giocherà sempre un ruolo e va fluidificato con misure non molto complicate tecnicamente ma che richiedono una forte volontà amministrativa ad oggi latente.

Si può addirittura pensare ad un centro storico quasi completamente pedonalizzato se si riuscisse **ad usare la micrometropolitana anche per il trasporto merci**, una proposta ovvia se si mutua il concetto dalle ferrovie, ma apparentemente mai applicata nelle metropolitane.

Questo trasporto dovrebbe essere effettuato soprattutto con containers e ciò può ridefinire alcune caratteristiche tecniche, ad esempio il diametro del tunnel. Questo mio

suggerimento e' stato gia' ripreso dal Swissmetro che nei progetti ha leggermente aumentato il diametro del tunnel. Just in case.

Anche il traffico metabolico della citta' sarebbe molto semplificato dovendosi trasportare le cose in superficie ad una massima distanza di 250 metri, cosa fattibile con carrelli elettrici a mano. Questa capacita' a trasportare merci puo' essere decisiva nel caso si voglia creare uno spazio commerciale in profondita' intorno alle stazioni. Il traffico di materiale di escavazione ed i materiali da costruzione potrebbero cosi' essere movimentati senza i soliti tragici disturbi in superficie.

- (1) Eliminare dalle strade del centro le auto parcheggiate dei residenti attraverso una politica di tassazione per occupazione di suolo pubblico come gia' in corso ad es. a Vienna e con tariffe crescenti nel tempo. I soldi ricavati devono andare a finanziare la costruzione di parcheggi privati e pubblici *Un'auto un parcheggio* e' uno slogan gia' effettivo a Tokio . I non residenti possono pero' parcheggiare nelle strade **permettendo cosi' quel flusso centripeto di attori e clienti che e' condizione necessaria alla vitalita' del centro.**
- (2) Eliminare almeno parte del traffico di attraversamento con la costruzione di uno o due bypass, vagheggiati e progettati negli anni, ma mai realizzati. Riportati nel seguito.
- (3) In corrispondenza delle direttrici di accesso alla citta' devono essere realizzati dei parcheggi *drive and ride* di sufficiente capacita' per ospitare i flussi convergenti di auto, dunque con una capacita' di alcune decine di migliaia di posti, e con una struttura architettonica che permetta un **rapidissimo trasbordo intermodale.**
- (4) Anche **i bus dei turisti** destinati a crescere a dismisura, vista anche la loro capacita' a movimentare i vecchi, devono avere dei parcheggi, magari ad hoc con stazione di metropolitana incorporata.
- (5) Naturalmente anche l'aeroporto presto in fase di ampliamento dovra' avere una stazione che magari serve anche un parcheggio. In una visione su 50 anni questa e' la sola maniera per servire i jumbo 1000 che scaricheranno turisti il cui unico obiettivo e' il centro storico.
- (6) Nella parte che si vuole completamente pedonalizzare le stazioni devono essere raggiungibili entro una distanza di 250 metri, essere quasi in superficie od avere discese molto veloci. Conviene forse fare due linee in croce verso la periferia ed uno o due anelli concentrici.
- (7) **La velocita' media dei veicoli della micrometropolitana deve essere di almeno 60 km/hr** per evitare che i proprietari di auto preferiscano restare in periferia. Le attivita' ed i clienti sono in effetti attratti nelle aree di alta velocita' e la periferia offre 40 km/hr porta a porta.
- (8) In una visione di 50 anni che implica l'estensione della metropolitana-maglev alle maggiori citta' della Toscana in modo da realizzare una singola conurbazione come quella visualizzata dal Swissmetro, la Micrometropolitana dovrebbe avere delle opere fisse che siano poi compatibili con una trasformazione a Maglev.

- (9) Il numero di passeggeri dipende in prima istanza dal numero di stazioni, essendo gli spostamenti di carattere combinatorio, al quadrato, con un salto quantico ai 40-50 km/hr. Con i tre-quattro milioni di spostamenti al giorno dei fiorentini si puo' in teoria intercettare un importante numero di utenti.
- (10) Non tutte le stazioni, specie quelle piu' periferiche, possono essere messe ai 500 metri canonici di distanza. Si profila dunque l'utilita' di avere parcheggi relativamente piccoli in ciascuna di queste stazioni. Poiche' tutti ormai hanno la macchina si fa cosi' il primo passo di *drive and ride* per entrare nella metropolitana che permette poi di accedere rapidissimamente al famoso centro.

Commenti al preprogetto

Il progetto nella sua forma attuale presenta punti deboli od indefiniti che hanno però un impatto essenziale sulla frequentazione della metropolitana.

- (1) Le stazioni sono troppo distanti tra di loro e troppo poche nel complesso cosi' che la loro area di catchment e' irrisoria. Il traffico dipende criticamente dal loro numero e puo' essere insufficiente a giustificare le prime tratte della metropolitana. Per ovviare a questo attrito di distacco le grandi metropolitane ad es di Parigi, New York e Londra sono cominciate includendo stazioni ferroviarie nel loro percorso. Il primo anello costruito della micrometropolitana dovrebbe includere un grande parcheggio ad ovest, uno ad est, l'aeroporto, le stazioni ferroviarie ed il centro assorbendo cosi' una grande vena del flusso di traffico radiale.
- (2) La velocità media dei convogli è troppo bassa se si considera anche il tempo per entrare ed uscire dalla stazione. Vanno fatte delle valutazioni accurate di questi tempi partendo ad es da una distanza di 250 metri dalla stazione e terminando a 250 metri dalla stazione di uscita. Come velocità di riferimento si puo' prendere quella che l'automobilista "vede" cioè 40 km/h e bisogna cercare le condizioni per superarla se si vogliono spostare gli automobilisti sulla metropolitana.
- (3) Il progetto dei convogli e' troppo classico e trenesco. Se si vuol rientrare nelle condizioni del punto 2 necessarie al successo della metropolitana nel senso del manifesto, la potenza dei convogli dovrebbe essere portata ad almeno 100 Kw/ton. La trazione elettrica destinata ai veicoli stradali con fuel cells e' ora in una fase di sviluppo tumultuoso e se ne potrebbe profittare.
- (4) Nel progetto di massima non è stata toccata la questione dei parcheggi esterni a grande capacità che contengano al loro interno una stazione strutturata in modo da permettere un rapidissimo cambio modale. Si tratta di opere molto grandi, capaci di decine di migliaia di posti macchina ed almeno una trattazione schematica del loro posizionamento, dimensionamento ed inglobamento della stazione che li serve dovrebbe rientrare nel progetto .
- (5) Le stazioni, ad eccezione di quelle della zona centrale, dovrebbero essere dotate di parcheggi di media capacita' nel caso che esse distino piu' di 500 metri. A molti cittadini sempre piu' senior peseranno anche i 250 metri a piedi, guidare una macchina e' in ogni caso piu' comodo.

- (6) I criteri di scelta della posizione delle stazioni proposte nel preprogetto non sono abbastanza definiti specialmente in relazione alle celle funzionali come definite da Virirakis.

In questa situazione di incertezze un calcolo del traffico che la metropolitana assorbirebbe o genererebbe non ha molto senso dipendendo criticamente da parametri e configurazioni non ancora ben definite.

Il traffico può infatti andare da qualche migliaio di passeggeri al giorno nello schema proposto nell'avanprogetto fino al milione al giorno se i fiorentini ed i loro ospiti trasferissero sulla metropolitana uno dei loro trips giornalieri al posto del loro veicolo personale, macchina o motorino.

Per il momento abbiamo qui sopra evidenziato i più importanti di questi parametri indicando le direzioni in cui proficuamente procedere per cercare di massimizzare la sua frequentazione. Riportiamo nel seguito mappe storiche delle metropolitane di Londra e Parigi per supportare l'argomento della distanza delle stazioni ed una mappa di Firenze con i catchments della micrometropolitana.

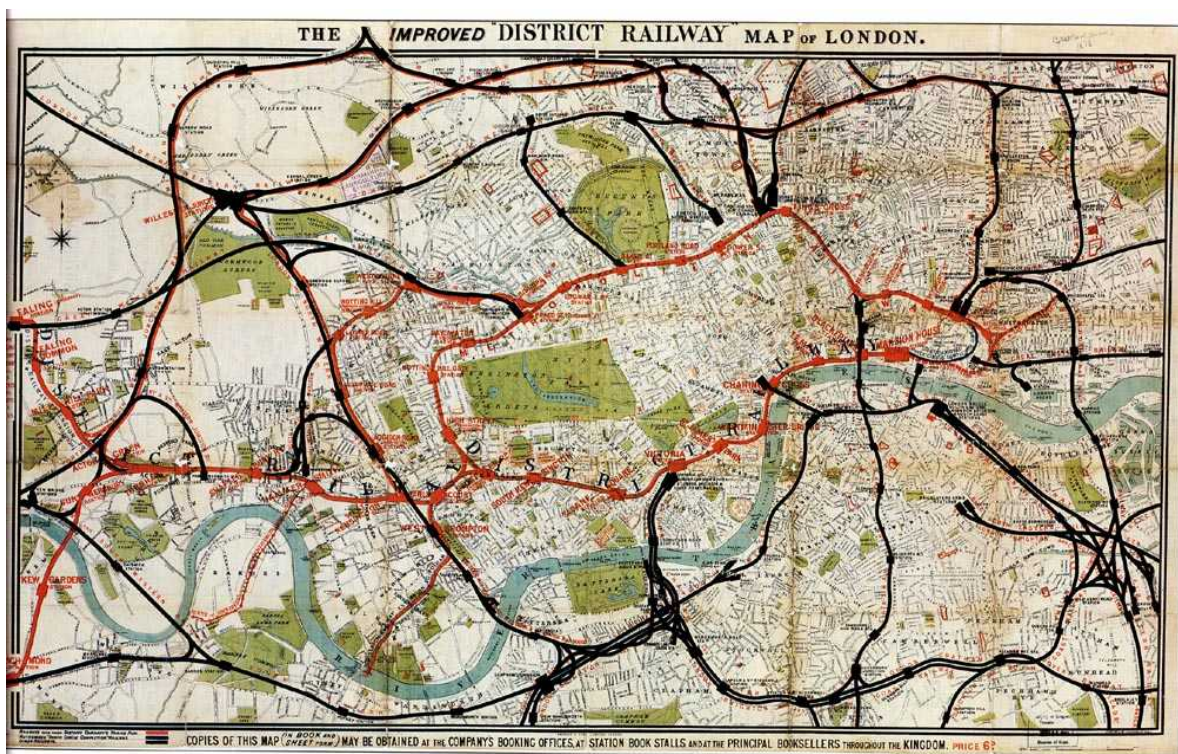
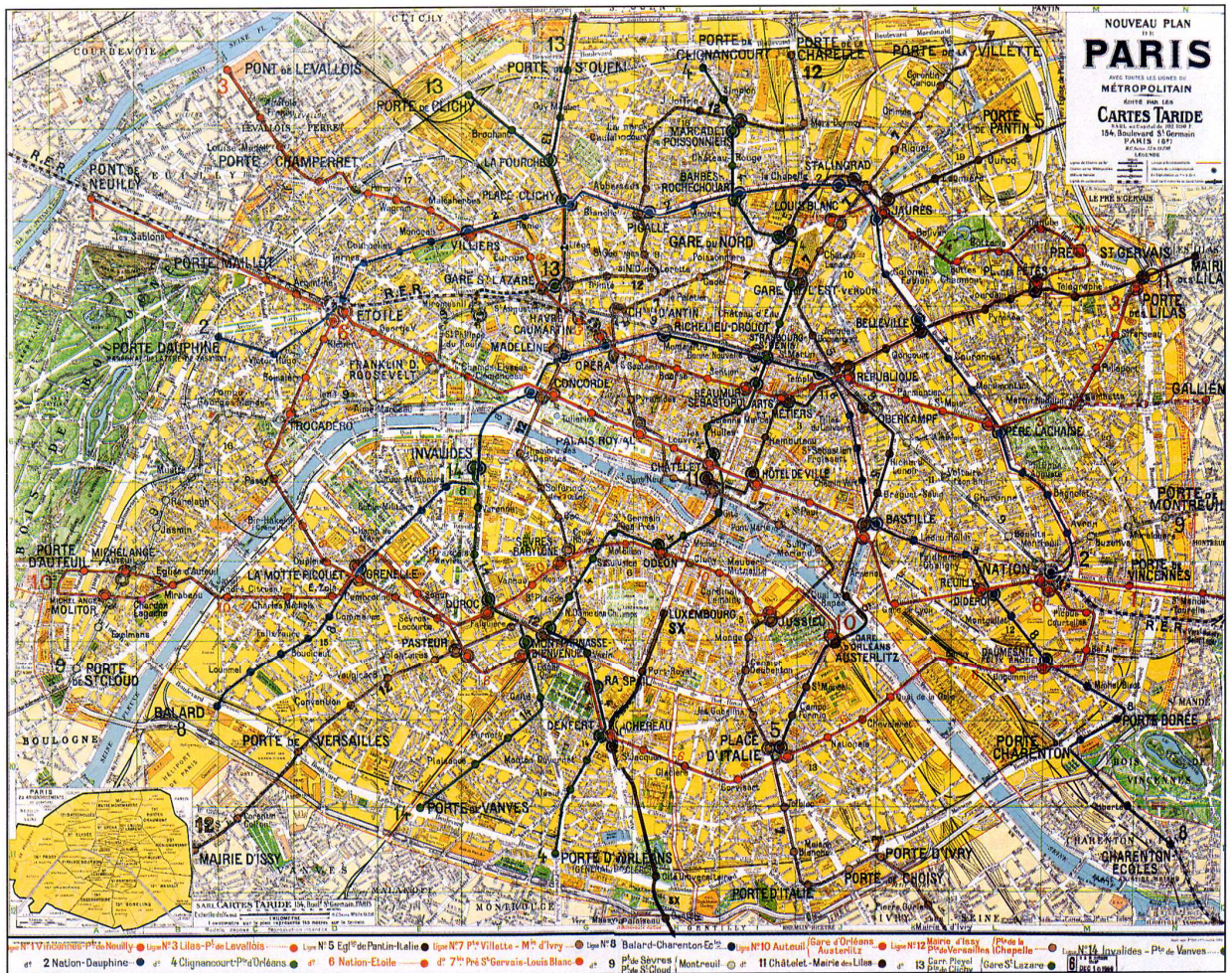


Figura 1. Il nucleo originale della metropolitana di Londra. L'anello rosso centrale e' il piu' antico e la distanza tra le stazioni e' di circa 500 metri.



«Nouveau Plan de Paris», mm 890×685,
 Parigi 1969.
 Washington D.C., Library of Congress, Map
 Division.

Figura 2. La metropolitana di Parigi alla meta' del secolo scorso. Anche qui nella parte centrale le stazioni sono distanziate di circa 500 metri.

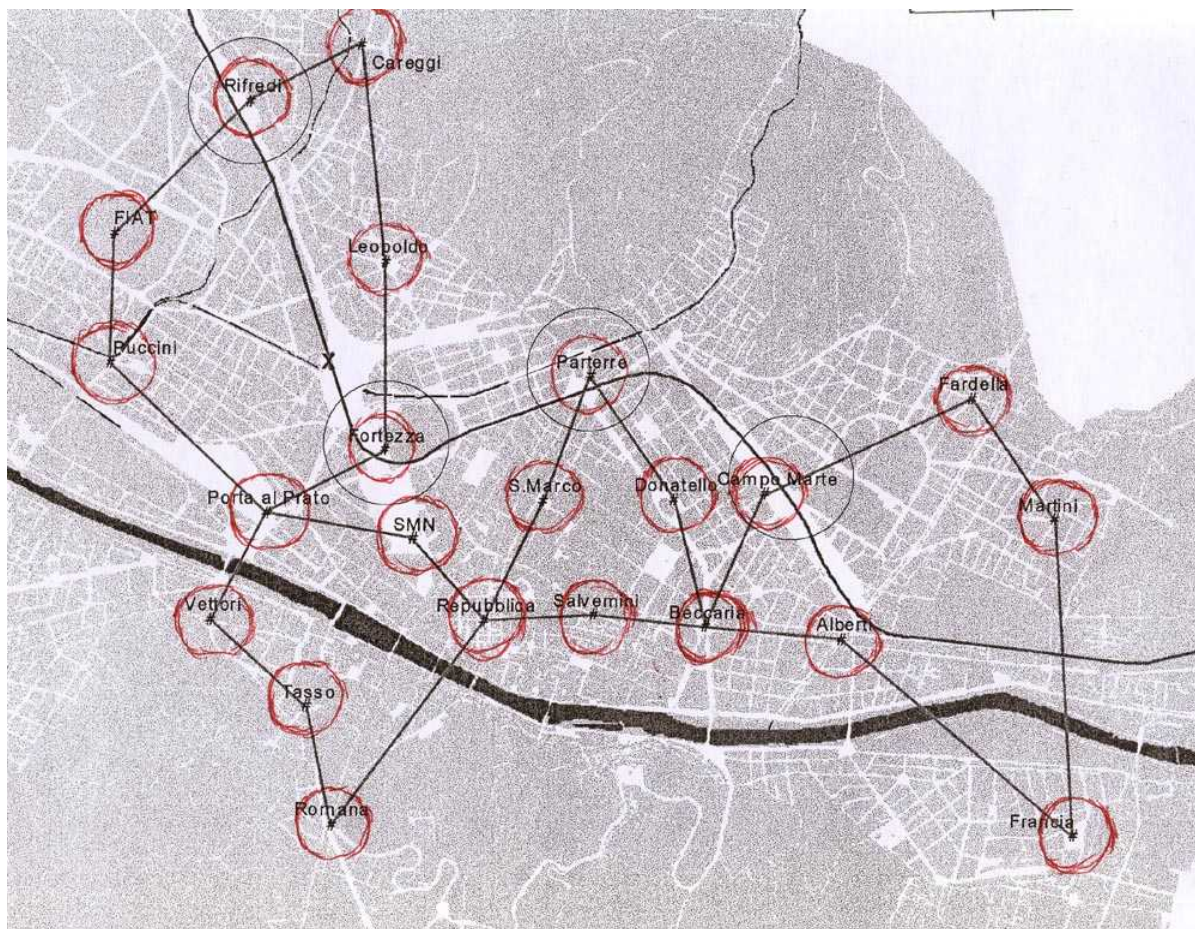


Figura 3. I bacini della micrometropolitana con un catchment di 250 metri. Come si vede l'area servita è una frazione modesta della città il 5% circa dell'area complessiva del comune. Le stazioni dovrebbero almeno corrispondere ai centri dei sottocentri gerarchici come definiti da Virirakis.

Considerazioni di base: La città' e la mobilità'

Visto che il lavoro dell'equipe micrometropolitana è sostanzialmente focalizzato alla parte ingegneristica, ci è parso opportuno aggiungere delle note sulla mobilità urbana ed i suoi motori profondi, dato che poi saranno gli istinti dell'utente finale a definire il successo o meno dell'opera ingegneristica stessa. In questo ci stacciamo dall'usuale cost-benefit perché l'analisi *hindsight* ha mostrato un sostanziale chiasmo tra queste previsioni ed i fatti operativi. Abbiamo perciò adottato la visione fisica-antropologica dei modelli dello Zahavi, e quelli empirici della scuola di Ekistica non molto benvenuti dagli economisti ma che danno previsioni affidabili.

(1) La città frattale

La città è quintessenzialmente una macchina per comunicare. Attraverso uno scambio di informazioni, servizi, oggetti, ma soprattutto attraverso contatti diretti, a vista, tra le

persone. Alle dimensioni di villaggio, questo brulicare di scambi avviene in un solo contenitore, senza specializzazione. Quando la conurbazione cresce, servizi e contatti vengono *gerarchizzati*.

Il quotidiano è gestito in relazione alla densità spaziale della gente e si coagula nei quartieri. Questi si assestano in mazzi di 7 con quello centrale che raccoglie le funzioni del livello gerarchico successivo, diciamo il settimanale. Salendo ancora di un livello si ha di nuovo un assestamento di 6+1 livelli inferiori con il quartiere centrale che accoglie le funzioni corrispondenti al livello.

Virirakis (1971, 1972) dell'Istituto di Ekistica di Atene, ha fatto uno studio dettagliatissimo della *struttura funzionale* di questa città, identificando 5 livelli di organizzazione gerarchica ed ha costruito dei modelli per descrivere il modo di utilizzazione dei servizi cittadini e dei conseguenti spostamenti all'interno della città. Questa curiosa, complessa e quantitativamente rigorosa strutturazione delle città, che ripete in micro quello che Christaller (1933) aveva osservato sul territorio, ha uno scopo preciso: *quello di permettere tutti i contatti necessari minimizzando le distanze percorse*. Questa minimizzazione regola profondamente l'organizzazione in dettaglio dei servizi della città e dovrebbe essere il punto di partenza di qualsiasi pianificazione.

Tali meccanismi sembrano però essere sfuggiti agli architetti pianificatori, ad es. di Brasilia. Ma direi a tutti, come una interessantissima mostra a Vienna: *Der Mythos der Grossstadt*, chiaramente dimostra. Gli architetti progettano città su basi teologico-estetizzanti con nessuna sensibilità per gli istinti di base di quelli che devono abitarle. La vendetta del sistema si vede in Brasilia dove intorno alla città-schema sono sorte un numero di città-vita a partire dalle bidonvilles lasciate dai costruttori di Brasilia stessa.

Se tutti i servizi fossero riuniti nel centro in una specie di Ipermarket come appunto molti architetti e urbanisti hanno vagheggiato, la distanza totale percorsa dalla comunità cittadina per utilizzarli, sarebbe come Virirakis ha calcolato *circa 6 volte* quella che risulta dalla distribuzione gerarchica.

Se invece i servizi fossero distribuiti a caso, come sembra essere a Brasilia, il totale percorso sarebbe di *circa 17 volte* maggiore. I valori vengono da Virirakis che ha comparato la città "naturale" ma inaspettatamente ben organizzata di Atene, con una modellata secondo le ipotesi di cui sopra.

Un particolare molto interessante dello studio di Virirakis è che queste capsule funzionali, i quartieri, non hanno tutte la stessa dimensione, sono piccoli verso il centro e si estendono verso la periferia. In effetti la dimensione lineare del quartiere appare essere inversamente proporzionale alla densità della popolazione.

Come Virirakis ha di fatto misurato, il numero di chilometri totali percorsi della popolazione di un quartiere è indipendente dalla popolazione. È per questo che i quartieri centrali, di solito i più densamente popolati sono considerati "comodi". Finché rimangono "centrali", la definizione riferendosi all'accessibilità al massimo numero di persone e non tanto alla posizione geometrica.

Questa strutturazione naturale è evidentemente importantissima per stabilire dove vanno collocate le stazioni della metropolitana ma non sembra essere stata presa in considerazione nelle proposte del progetto attuale.

(2) La velocità e il territorio

Se si osserva l'evoluzione della struttura di una città nel tempo, e prendo in osservazione il caso di Berlino, si vede un altro fenomeno estremamente interessante (Figura 4). Che *la città cresce omoteticamente nello spazio* in pressochè esatta proporzione alla *velocità* dei suoi mezzi di trasporto. La cosa è stata profondamente analizzata da Zahavi (1977) che iniziò i suoi lavori all'interno della Banca Mondiale, nei primi anni settanta.

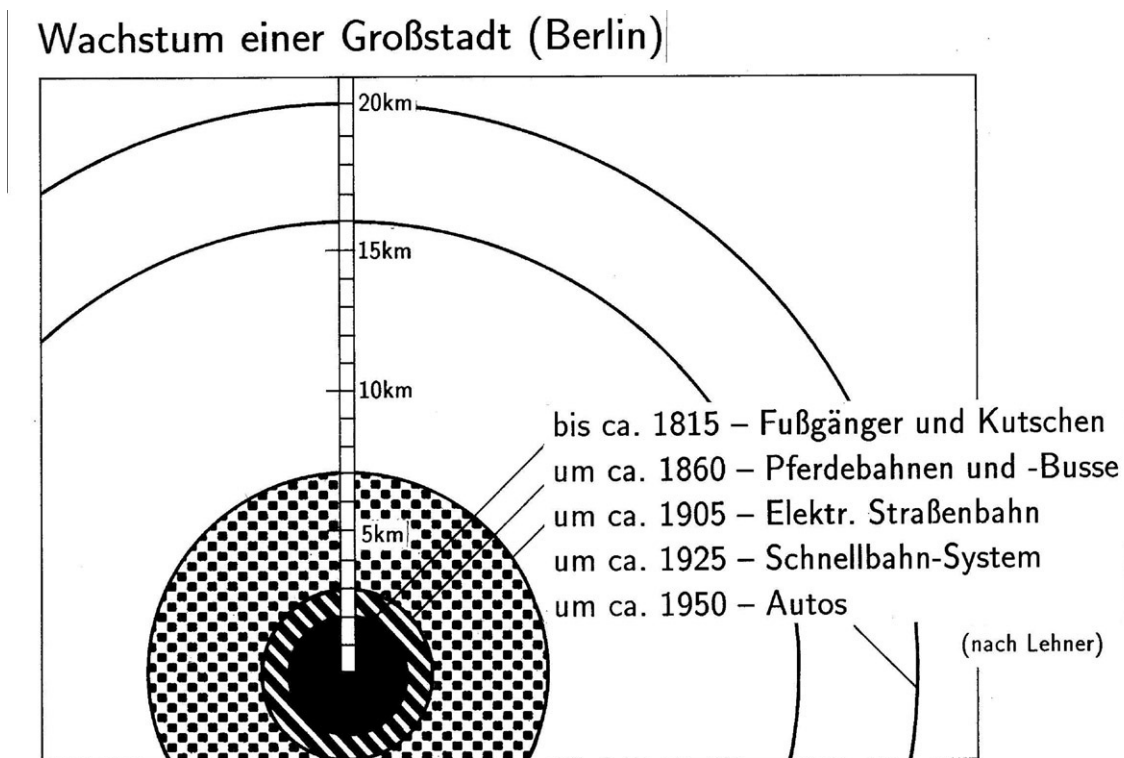


Figura 4. Evoluzione della taglia di Berlino col variare della velocità dei trasporti.

La scoperta di Zahavi è che *l'organizzazione della città non è in realtà spaziale ma temporale*. Per ragioni che vanno ricondotte alla biologia ed all'antropologia, l'uomo esce dalla sua caverna per girare nel suo territorio all'incirca *un'ora al giorno in media* (così come ne dorme 8). Quest'ora, nel linguaggio di Zahavi costituisce il suo budget temporale per muoversi TTB (**T**Travel **T**ime **B**udget).

I tempi essendo fissi, le distanze diventano proporzionali alla *velocità* dei mezzi di trasporto. Questo, da un lato interpreta direttamente quanto osservato nel caso di Berlino, dall'altro mostra quale sia la molla profonda che spinge ad andare sempre più veloci.

Per i commuters di Washington ad es il tempo per andare al lavoro è indipendente dalla distanza, ovviamente con strumenti ed infrastrutture adeguate che permettono elevate velocità medie.

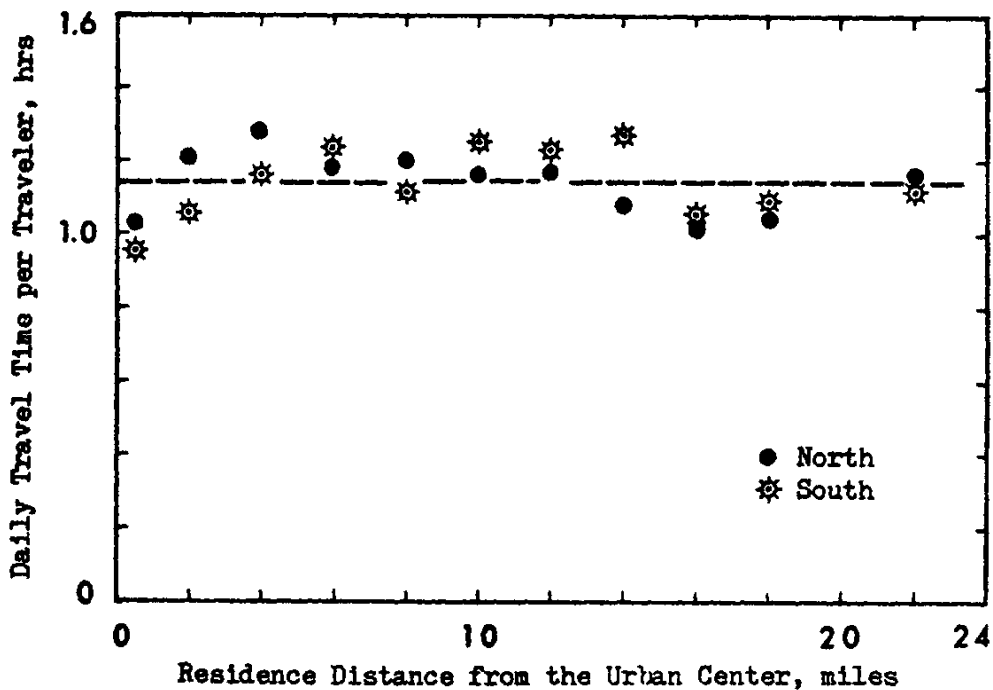


Figura 5.

Più velocità significa un territorio più grande con tutte le scelte che ciò comporta. Per l'impiego, gli affari, i contatti personali e lo svago. Chi va a piedi può scegliere tra le mille persone del villaggio. Il *jet set* ha un miliardo di persone tra cui scegliere.

Come si ottiene questa velocità? Con delle “macchine” da trasporto, cavallo e carrozze, biciclette, tram e treno, veicoli motorizzati ed aereo. Come l'analisi storica mostra il nuovo veicolo è sempre più veloce (non più comodo o meno dispendioso!) e la sua *progressiva* adozione da parte di una società (Figura 6) porta a velocità, cioè percorsi e dunque territori sempre più grandi.

Analizzando il caso della Francia dal 1800 ad oggi come ha fatto Grübler (1988) della IIASA (Figura 5), si vede che nel 1800 il percorso medio fatto con mezzi meccanici era di circa 20 metri al giorno per persona.

Oggi è di 40 chilometri al giorno, grazie soprattutto all'automobile, e questa velocità che può esser raggiunta nei sobborghi della città costituisce poi il parametro di riferimento anche per i mezzi che operano al centro della città'.

Il mezzo più veloce è caro, sia perchè nello stesso tempo copre un percorso maggiore (l'uomo viaggia nel tempo come abbiamo detto presentando il TTB), sia perchè la velocità è costosa anche specificamente, cioè per unità di percorso.

USA – Share of Intercity Pass-km Between Modes

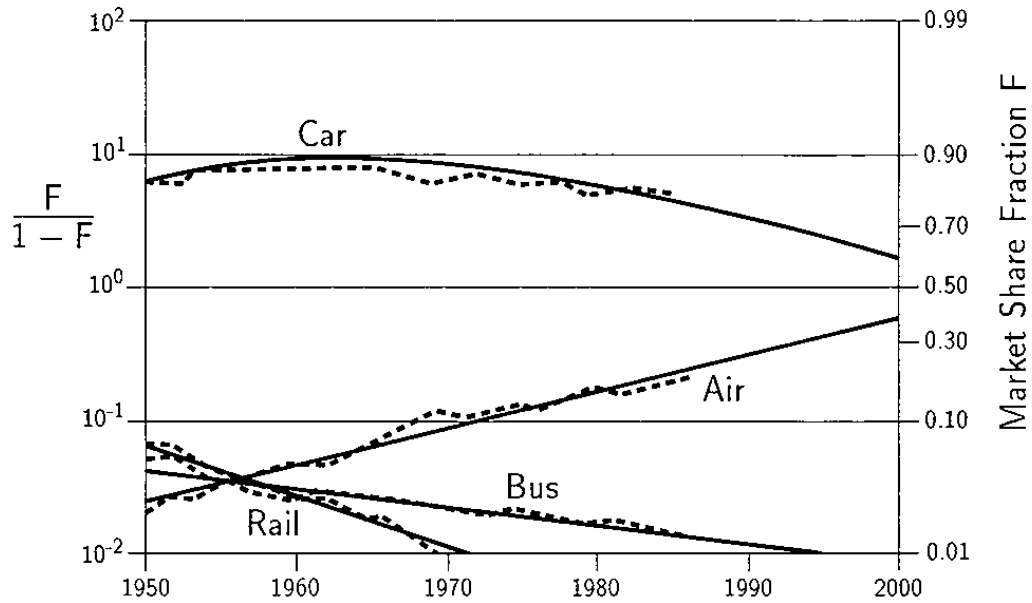


Figura 6.

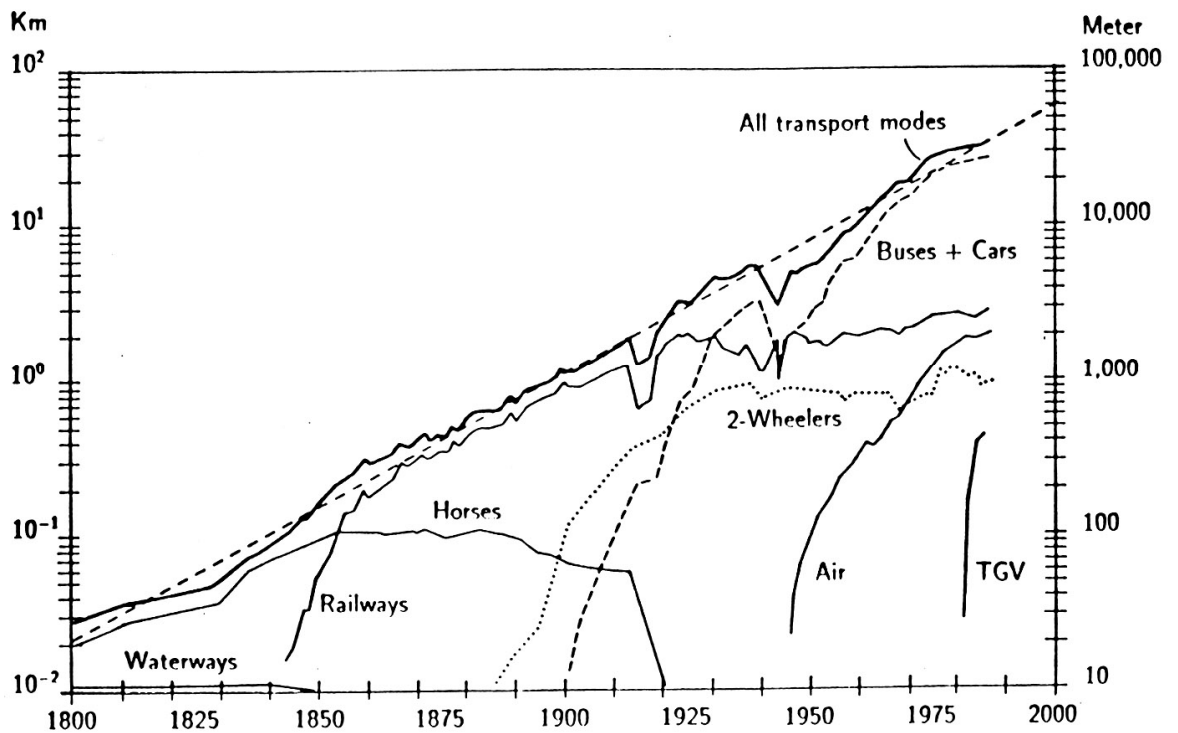


Figura 7. Percorsi giornalieri medi con veicoli in Francia.

Le massime velocità se le possono permettere solo le *elites* che usano l'aereo. In Europa oggi (1991), il consumo di aereo è di circa 25 secondi al giorno per persona, in media. Negli Stati Uniti è di 60 secondi. Questo non ha molto a che vedere con la struttura del paese. Gli americani fanno più voli, non voli più lunghi.

Si vede infatti che le tratte medie fatte in aereo da un europeo in Europa sono identiche a quelle dell'americano in America, circa 1200 km. La velocità media dell'aereo è circa 600 km/h e quella del treno circa 60 km/h. Le tratte medie percorse col treno dai viaggiatori in Europa ed in America sono di 120 km.

La teoria di Zahavi é in aperto contrasto con quelle di tipo economico che tendenzialmente assumono una domanda di trasporto preesistente ai mezzi di trasporto che poi la soddisferanno.

La domanda é di fatto elastica e contestuale, l'utente adattando il suo uso del territorio alla velocità e prezzo dei mezzi di trasporto disponibili.

Tipicamente un aumento della velocità aumenta l'uso come mostrato nella Figura 8 per il caso della tratta Tokio-Osaka, e nei miei studi riguardanti la messa in opera di ponti o tunnel a Lisbona, Istanbul o Hong Kong. **Se con l'uso di un maglev CAM (Constant Acceleration Maglev) il tempo Tokio-Osaka potesse venir ridotto ad una ventina di minuti, il numero di passeggeri salirebbe a milioni per giorno come in una metropolitana.**

Questo progressivo trasferimento dei viaggi su mezzi sempre piu' veloci, l'aereo per il momento, e' di diretto interesse per il nostro problema perche' ci si puo' aspettare ad es entro dieci-venti anni un decuplicamento del traffico passeggeri su Peretola.

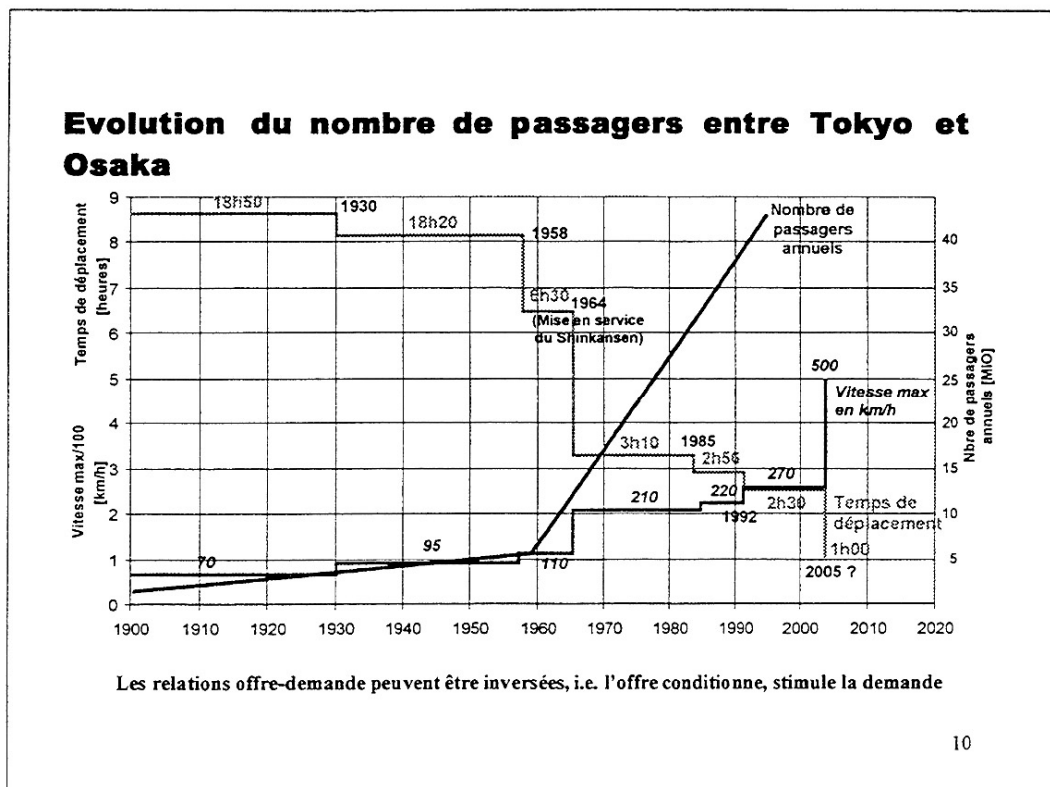


Figura 8. L'esempio dello Shinkansen con una frequentazione fortemente dipendente dalla velocità del collegamento mostra come il traffico possa essere "creato" da questa velocità e non e' dunque un parametro a priori.

(3) La velocità e i soldi

La seconda gamba su cui cammina il modello dello Zahavi(1972) è un altro budget, quello delle risorse allocate al movimento TMB (Travel Money Budget). Come le misurazioni sul campo effettuate dallo Zahavi in giro per il mondo hanno mostrato, anche il TMB ha la sua invarianza e rappresenta circa il 12% del reddito disponibile (in una famiglia) (Figura 9). Misure più recenti in US ed Europa mostrano che questo percentuale di spesa si è conservata nel tempo, malgrado la forte variazione dei redditi e dei prezzi.

Travel Money Expenditures

NATIONWIDE vs. Total Household Expenditures, %			
US	1963–1975	13.18 ± 0.38	
Canada	1963–1974	13.14 ± 0.43	
UK	1972	11.7	
West Germany	1971–1974	11.28 ± 0.54	
URBAN vs. Household Income, %			
		<i>With Cars</i>	<i>Carless</i>
Washington, DC	1968	11.0	4.2
Twin Cities	1970	10.1	3.4
Nuremberg Region	1975	11.8	3.5

Figura 9. Percentuale del reddito delle famiglie allocato alla mobilità'. Misure precise ed estese furono cominciate da Zahavi negli anni settanta ed i valori sono rimasti invariati a tutt'oggi.

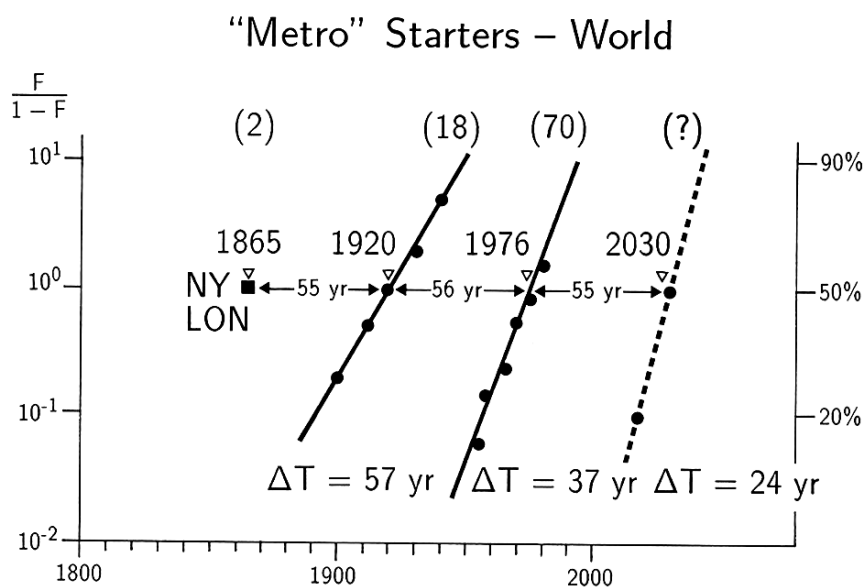
Incidentalmente questa percentuale e' indipendente dal reddito, salvo che per i redditi molto bassi, quando non c'è ancora l'automobile in famiglia. Si puo' supporre che in un'ora sia difficile spendere il 12% del reddito su mezzi di trasporto pubblici, lenti e a buon mercato, come le statistiche nelle varie nazioni europee mostrano (Figura 12). **Queste statistiche inoltre mostrano che per andare al lavoro il trasporto pubblico é circa tre volte piú lento dell'auto.** Chi puo' lo evita e appare molto umano che cerchi di andarci in macchina.

La cosa piú straordinaria poi come Zahavi e Virirakis hanno mostrato è che le persone, intuitivamente, allocano soldi e tempo tra i diversi modi di trasporto che il sistema offre in maniera tale da *massimizzare la distanza percorsa*, o, visto da un'altra angolatura, dato che il tempo e' fisso, *la velocità media*.

Come le tariffe dei vari mezzi si aggiustino storicamente tra di loro è un'area da esplorare. Quello che si vede empiricamente sul lungo termine è che la penetrazione (logistica!) dell'uso del nuovo mezzo di trasporto è la fonte prima dell'aumento dei

passenger-km. Quando un ulteriore mezzo appare sul mercato, i pass-km sul precedente finiscono per stabilizzarsi, e quelli dei mezzi anteriori a decrescere (Figura 6). Per quello che riguarda i veicoli e per le loro infrastrutture, tutto il processo è modulato in cicli di 55 anni detti cicli di Kondratiev (Marchetti, 1989). **Incidentalmente per quel che riguarda le metropolitane un periodo buono per aprirne di nuove si sta avvicinando come mostra la Figura 10.**

La linea centrata sul 2030 epitomizza tutte le prossime aperture di metropolitane nel mondo che si possono stimare in circa un centinaio. Visto il numero non indifferente ed il fatto che la gaussiana di cui la logistica riportata rappresenta l'integrale ha una durata di una trentina di anni si puo' sperare che la micrometropolitana fiorentina possa esserne inclusa.



Data Source: Int. Stat. Hbk., Urban Public Transp. (1979)

Figura 10. Plot logistico del numero cumulativo di aperture di metropolitane nel mondo. Vengono prese le date dell'apertura della prima linea.

L'aumento di pass-km/anno a partire dal 1940 (inizio del presente Kondratiev) è dovuto quasi unicamente all'automobile che ha sostituito mezzi pubblici, biciclette e gambe come è chiaramente mostrato per la Francia in Figura 7.

Una volta che l'utente si impossessi di questo prezioso strumento di mobilità ci resterà attaccato per un buona parte del suo TTB (Figura 11) e se ne staccherà solo per un mezzo piu' veloce.

Il processo di penetrazione dell'auto si arresterà quando ciascun adulto con patente avrà a disposizione almeno un'automobile che userà per circa un'ora al giorno. In Europa e negli Stati Uniti siamo vicini a questa situazione. **Il punto per noi importante è che per spostare l'utente dall'auto bisogna dargli piu' velocità'.**

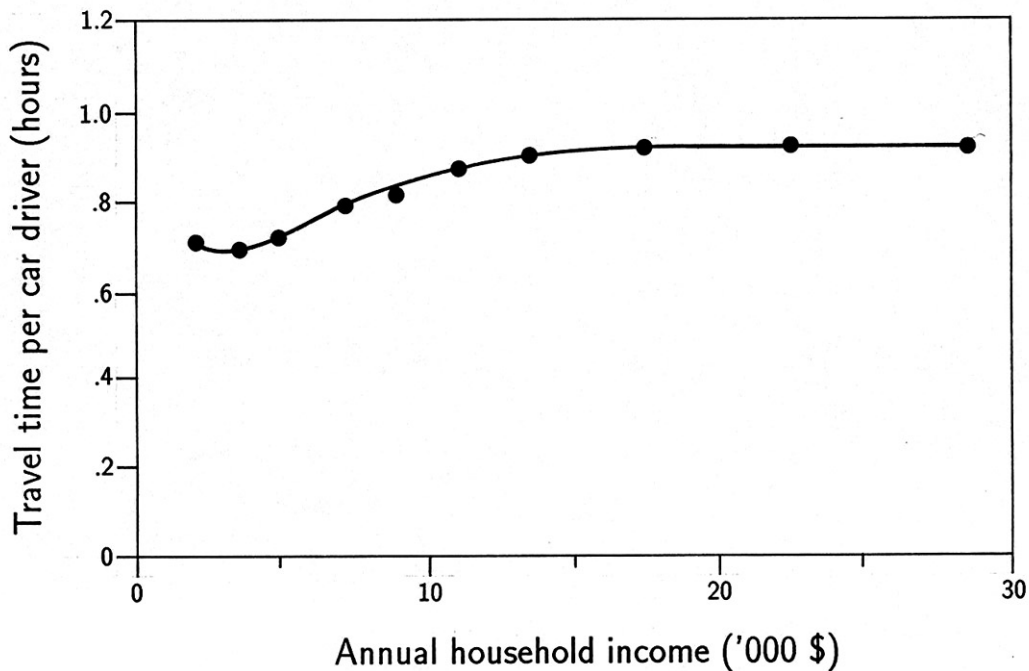


Figura 11.

Il messaggio positivo che discende da questi numeri è che l'ingorgo automobilistico ha finito di crescere. *Se le strade ed i modi di usarle continueranno ad evolversi avremo uno sgorgo a relativamente corto termine (20 anni). Anche l'inquinamento dovrebbe diminuire con auto sempre piu' pulite ed in numero costante.*

Il fatto che l'auto resti parcheggiata per 23 ore al giorno, di solito sulla strada, mostra il lato debole della situazione e la necessità di por mano seriamente al problema dei parcheggi. **Il fatto che l'utente prediliga la velocità, con ottime ragioni, mostra anche l'unica via da seguire per il mezzo pubblico se vuole esser sostitutivo all'auto.** La comodità non è poi così importante. Gli aerei sono di fatto scomodissimi.

Sia ben chiaro che ostacolare il mezzo veloce con ZTL ed altro significa attivare un boomerang. *L'utente non accetta il mezzo lento anche se pubblico ed usa il mezzo veloce per andare altrove.*

Questo fatto ha stravolto l'organizzazione delle vecchie città portando in periferia funzioni che storicamente appartenevano al centro, svuotandone così l'importanza, la struttura e la definizione stessa.

Comparaison des temps de parcours entre les TC et la voiture (domicile-travail)

Trafic pendulaire urbain des grandes villes européennes (valeurs 1995)

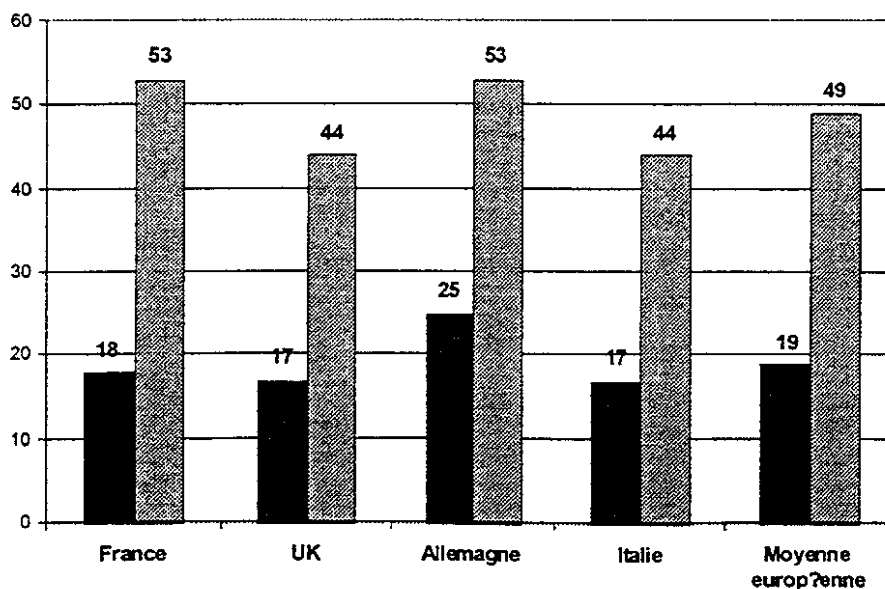


Figura 12. Questo grafico mostra dei dati molto aggregati sul pendolarismo in Europa. Come si vede viaggiando con l'auto si va al lavoro in meno di mezz'ora così che il tempo andata ritorno è sotto l'ora, in accordo con gli istinti di base. Il trasporto pubblico ovviamente non funziona violando l'istinto di base dell'ora e giustamente viene evitato quando possibile.

(4) *Avanti e indietro*

A questo punto conviene introdurre la terza gamba dell'analisi empirica dello Zahavi. **Riportati pro capite, le uscite (trips) sono poche, tre o quattro per persona/giorno per chi abita in una grande città.** In un piccolo centro o in campagna i trips diventano quattro o cinque.

A Firenze sono circa due milioni di uscite o quattro milioni di movimenti. E' questo il pool da cui la micrometropolitana potrà pescare. La velocità dei mezzi di trasporto non cambia questo numero, ma solo la distanza percorsa od i pass-km che sono poi la misura della mobilità'.

L'ora di viaggio per giorno viene distribuita disegualmente, in un trip lungo e due o tre corti. Quello lungo è per lo più utilizzato per andare al lavoro. La logica è evidente: in questo modo si ha la massima scelta per due cose molto importanti nella vita di un uomo, la casa, dove trascorre circa il 75% del suo tempo (Figura11) ed esibisce il suo status ed il lavoro da cui trae sostentamento e affermazione sociale. Se ci fossero in giro dei bambini bisognerebbe aggiungere la scuola.

Per dare un'idea della situazione come l'analisi empirica la mostra, riporto in Figura 12 il *tempo* impiegato per andare al lavoro dai commuters di Washington che

gravitano intorno a due linee di scorrimento chiamate corridoio nord e corridoio sud. Il tempo (a.r.) mostra piccole variazioni intorno a 65 minuti (su 5 giorni!) ed è **indipendente dalla distanza dell'abitazione dal centro**. Questa osservazione apre una visione alla base dei *valori immobiliari*, che è nota intuitivamente ma che trova qui una formulazione rigorosa: *è il tempo che definisce lo spazio*. Ovviamente i tempi di percorso brevi valorizzano.

Possiamo a questo punto definire anche la città, come l'area in cui ciascuno va ogni giorno. Il trip più lungo ne definisce le dimensioni. La città ha le dimensioni che il mezzo più veloce può percorrere in un'ora.

Le grandi città antiche, come Persepoli, Roma, Pechino, Marrakech, o medievali, come Vienna nel '700, misurate sulla cinta muraria o Venezia ancora oggi, avevano un diametro di circa 5 km. Un'ora a piedi. Pechino che misura 5x10 km conforma la regola in quanto era una "stella doppia" costituita da due città, quella Cinese e quella Mongola, separata da mura e porte come d'uso. Berlino già citato è cresciuto fino a 40 km, quello che l'auto fa in un'ora. Così come Città' del Messico, una città dove la mobilità è fondamentalmente legata all'auto. La differenza è nella densità della popolazione che sembra finalmente attestarsi a quella dell'antica Roma, con 1M di abitanti sui 20 km² che danno i 5 km di diametro, o 50.000 abitanti per km². Con 35 km di diametro e circa 1000 km quadri, la popolazione può essere di 50 milioni cifra a cui tende appunto la popolazione di Città' del Messico.

Si può così definire anche il centro, come l'area di massima accessibilità al massimo numero di persone, che in una città a piedi e dunque a velocità uniforme coincide con il centro geometrico.

La definizione può apparire sarcastica in un tempo in cui gli amministratori di molte città italiane si arrabattano per rendere il centro geometrico e storico inaccessibile come succede anche a Firenze con la ZTL. Ma le conseguenze sono semplici: ***un centro inaccessibile cessa di essere un centro e la vita se ne va***, come è successo in varie città americane una trentina di anni fa. In effetti le città che hanno salvato il loro centro storico, tipicamente Londra, Parigi e New York sono state fin dall'origine delle metropolitane dotate di una metropolitana che permette un accesso adeguatamente veloce al centro stesso.

Il centro senza vita diventa allora una sinistra periferia per poveri. Negri nel caso americano. Souvenirs, pizzerie latrine ed outlets di lusso sostituiscono progressivamente i negozi ed i ristoranti "del centro" a Firenze. Il popolo dei turisti che brancola tra i monumenti dell'ex centro ha bisogno solo di questo.

Si assiste così al curioso spettacolo degli abitanti del centro, una volta fornito di tutto e più di tutti, che devono andare in periferia per i loro shoppings. Funzionalmente, come detto, vivono di fatto in una periferia handicappata. Il centro propriamente detto si identifica con il fatto che raccoglie il top di ogni funzione.

È possibile rivitalizzare un centro affetto da ischemia ridandogli le sue funzioni, diciamo così, storiche? Certo, basta ristabilire il flusso di sangue vitalizzante cioè il flusso di persone, ovviamente con sistemi ad alta velocità e capacità, fondamentalmente metropolitane.

Volendo guardare ai prossimi cinquanta anni, queste metropolitane dovrebbero operare con il principio del Maglev. Non solo questo tipo di treno ha leggerezza, agilità

e basso consumo energetico, ma usando la versione con scambi puramente elettromagnetici, può essere operato secondo uno schema concettuale tipo ISDN in cui il treno è un “pacchetto” che viene switchato dal computer lungo percorsi ottimizzati e variabili.

Percent of Time Spent at Home by Adults in Nine Countries
of Europe and the U.S.A.

City and Country	Percent of Time Spent at Home	Hours out of 24
GREECE (Athens, 1963-HUCO Study)	75*	17.9 hrs
Belgium (65 urban areas)	75	17.9 hrs
Bulgaria (Kazanlik)	61	14.5 hrs
Czechoslovakia (Olomouc and vicinity)	69	16.6 hrs
France (6 cities)	71	17.0 hrs
West Germany (sample of urban areas)	70	16.8 hrs
Hungary (Győr and vicinity)	68	16.3 hrs
Poland (Torun and suburbs)	76	16.1 hrs
U.S.S.R. (Pskov and suburbs)	61	14.4 hrs
Yugoslavia (Maribor and 6 nearby villages; Kragujevac and 2 nearby villages)	69	16.5 hrs
U.S.A. (44 cities)	68	16.1 hrs

Figure 13. Contrappasso alla mobilità è il fatto che passiamo nella casa-tana tre quarti del nostro tempo e cerchiamo di tornare la sera. Incidentalmente questo ha salvato le navette aeree Milano Roma dalla annunciata concorrenza del pendolino.

(5) Eperopoli e hard core

Le città interagiscono anche tra di loro naturalmente, ma meno di quanto si percepisca. Il movimento delle persone è molto introverso, rivolto soprattutto all'interno delle mura di cinta ideali che l'ora e la velocità dei mezzi ci costruiscono intorno.

Prendendo la Germania come esempio, con i tedeschi così mobili e gli insediamenti pressochè continui, l'80% dei pass-km si svolge in un raggio di 50 km. I viaggi lunghi sono pochi. A confronto dei tre-quattro trips giornalieri all'interno delle “mura ideali”, questi si possono valutare in un trip al mese. Ancora in Germania, i viaggi

aerei, incluso tutto, anche le vacanze a Mallorca, si riducono ad un trip ogni due anni, medio pro capite. Sono però importanti *per legare il sistema e definire i ruoli*. Importanti sono anche le condizioni che definiscono *la qualità di questi viaggi* e di conseguenza le caratteristiche che si richiedono ai mezzi di trasporto.

L'uomo cavernicolo riemerge qui a tutta figura. Gli animali che hanno un rifugio protetto, non solo cercano di minimizzare il tempo in cui stanno fuori, ad es. massimizzando l'efficienza del foraggiamento, ma cercano anche di rientrare nello loro tana per la notte (od il giorno se del caso). L'uomo non sfugge alla regola e pernotta fuori malvolentieri. La maggior parte dei *viaggi extra muros* sono di natura *business* e *tendono a concludersi in giornata*. Per poter far questo la durata della tratta lunga del viaggio non può esser molto diversa da un'ora. Mettendo un'ora per parte (a.r.) per accedere al mezzo, e due ore (a.r.) sul mezzo si hanno quattro ore di viaggio. Ne restano quattro o cinque per il *business*.

Impiantando un Pendolino Roma–Milano che impiega diciamo 4.5 ore a coprire la tratta, e facendo i conti come sopra, l'a.r. prende 9 ore il che esclude l'uso del Pendolino per i normali *business trips*. In effetti non sembra esser riuscito a scalzare le navette aeree di Linate. Mentre invece funziona benissimo per le tratte intermedie. Nessuno va da Firenze a Roma in aereo! In Giappone il mitico Bullet Train che impiega più o meno come il pendolino per andare da Tokio ad Osaka, è fiancheggiato da una fitta rete di navette aeree operate con Jumbo 747 i cui sedili sono così compattati da tenere quasi 600 persone. La comodità è certo sacrificata ma si può tornare a casa la sera.

Questo concetto del ritorno a casa fu ben identificato dall'urbanista Doxiadis (1974) che coniò il nome di Eperopoli per l'area in cui è fattibile. Esso ha un'importanza base nel definire *l'accessibilità di una città* e dunque la sua *centralità* nel concerto delle interazioni che sono alla base dell'economia, della politica e del ruolo che una città può svolgere.

Per Firenze questa accessibilità va vista su due livelli, quello del pendolarismo *tout court*, non necessariamente giornaliero, ma includibile nel budget di tempo giornaliero, che potrebbe *estendersi alle città della Toscana* se si arrivasse a decidere l'uso del Maglev dentro e fuori l'area metropolitana attuale. La micrometropolitana dovrebbe essere pensata e progettata in vista di un suo futuro inserimento in una rete di trasporto superveloce a livello regionale.

A livello europeo l'accessibilità è fornita dal trasporto aereo, ed il successo strepitoso di un aeroporto rachitico come quello di Peretola mostra che Firenze ha i numeri per essere una importante città europea, titolo che verrebbe molto aumentato **dall'integrazione funzionale con le altre città toscane** attraverso appunto un sistema concettualmente simile al Swissmetro che permette di collegare due città' in dieci minuti, ma con tecniche più semplici viste le distanze ridotte

Le connessioni aeree possono essere *un effetto ed una causa* allo stesso tempo. Una multinazionale, tanto per dare un esempio, non mette un suo ufficio europeo in una città che non ha accesso all'Europa nel senso dell'Eperopoli. Londra, Parigi, Amsterdam, Francoforte e Milano sono gli ovvi candidati e sono *di fatto* i posti dove le multinazionali insediano i loro uffici regionali. Roma non appare sufficientemente connessa per questo scopo.

In sostanza il bacino funzionale di Firenze potrebbe essere grandemente esteso con mezzi relativamente poco costosi, paragonati ai fini, con una metropolitana estesa alla Toscana che faccia centro su **Peretola dotata appunto di aeroporto e grandi parcheggi annessi all'autostrada. Un nodo triplo del trasporto a cui potrebbe profittevolmente aggiungersi la stazione del TAV.**

Non cesseremo mai di ripetere che **i trasferimenti intermodali devono essere rapidissimi**, altrimenti l'utente li bypassa, e questo porta ad accorpamenti e densificazioni spaziali di cui gli architetti fan di solito poco conto **ma che dovranno essere centrali al secondo progetto della micrometropolitana.**

A proposito di Peretola e' inevitabile che le sue piste vengano ampliate fino ad accogliere dei jumbo. Visto in una prospettiva di 50 anni, che e' il minimo per una metropolitana che avra' poi una vita di duecento, ci saranno i jumbo mille che atterreranno ogni 5 minuti trasportando turisti cinesi. Lo dico tongue in cheek, ma si tratta di uno scenario molto verosimile e solo una metropolitana potra' convogliare queste masse umane verso il centro storico. **Purche' sia concepita in vista di cio'.**

Questa configurazione non sarà infatti attuabile di primo acchito, ma dovrebbe venir presa in considerazione nella progettazione strategica di modo che il core originario sia compatibile con le fasi successive del Micrometro. Ad es la parte muraria del Micrometro, che sarà poi la più costosa e la più difficilmente modificabile, dovrebbe tener conto di una possibile sostituzione della trazione convenzionale con una di tipo Maglev, visto che il progresso tecnologico e la tipologia del circuito intercity rendono inevitabile la sua adozione diciamo dopo il 2015.

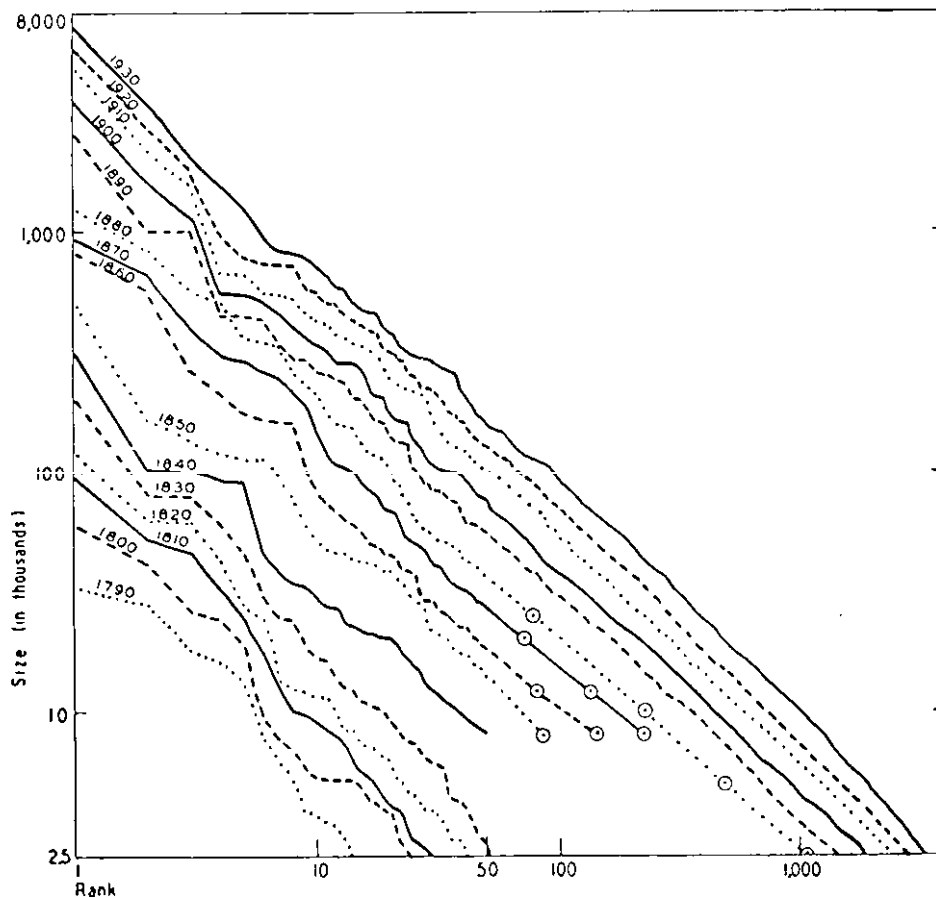
Già oggi la Cina ha ripreso ufficialmente la tecnologia tedesca del Transrapid, (violentemente osteggiata in Germania da Verdi ed altri, non si sa bene perché), per fare un primo esperimento di 42 km tra Shanghai e l'aeroporto internazionale di Pudong, con l'idea di una successiva connessione Beijing-Shanghai di circa 1000 km. Si tratta però di una tecnologia piuttosto datata anche se perfettamente funzionante

(6) Big is beautiful

Negli anni quaranta Zipf (1972) propose una classificazione delle città di una nazione (o del mondo) secondo la loro popolazione, presentando il risultato in grafici *rank-size*, dove sulle ascisse si riporta il logaritmo della posizione in classifica di una città secondo la popolazione e sull'ordinata il logaritmo della sua popolazione. Questi grafici mostrano quasi sempre un'intruppamento più o meno rettilineo, e rivelano una *struttura frattale* nella dimensione degli insediamenti.

La permanenza dell'ordine attraverso i secoli è affascinante, così come le eccezioni che lo Zipf interpretò molto acutamente. Scopri ad esempio che Vienna era malposta (e troppo grande) all'interno dell'Impero Austro-Ungarico, mentre cadeva a fagiolo se si ragguelpavano tutte le città di lingua tedesca incluse le *enclaves* nell'Est europeo. In questa configurazione Vienna prende la giusta posizione come seconda dopo Berlino. Zipf cioè scoprì che *l'area in cui va fatta l'analisi è quella funzionale, che non necessariamente corrisponde a quella politica.*

La seconda osservazione fu che Londra (1920) era troppo grande nella serie delle città inglesi, pure includendo le città dell'impero. Trovava invece un posizionamento perfetto (il primo posto!) nella serie delle maggiori città del mondo.



U. S. A. 1790-1930. Communities of 2500 or more inhabitants ranked in the decreasing order of population size.

Figura 14.

Il punto è che la *frattalità* che abbiamo visto *nell'organizzazione interna della città* (Atene come esempio) *prosegue a livelli più alti* con città di sempre maggiori dimensioni che prendono le funzioni di gerarchia sempre più alta. Londra nel 1920 era il centro mondiale della finanza, della politica e, forse ancora, dell'industria.

Ma qual'è la dimensione di una città da mettere in conto per queste gerarchie? Per quel che riguarda il quotidiano, è quanto si può percorrere in un'ora col mezzo più veloce come detto. La Londra che prende il ruolo di capitale del mondo è la Greater London, che grazie alla sua rete di ferrovie ed alla metropolitana rientra nella definizione.

Visto però che l'aereo permette di lavorare in una Eperopoli con la possibilità di contatti in giornata (anche se non giornalieri) si può pensare che, *dal punto di vista delle funzioni a gerarchia più elevata*, esplicate da persone che possono permettersi di usare l'aereo ogni volta che sia necessario, forse il concetto di "dimensione" di una città va in qualche modo ridefinito.

Un primo esperimento in questo senso è riportato in Figura 16 per la gerarchia delle città del mondo *oggi* (dati 1985). Mentre nel 1920, secondo l'analisi di Zipf queste città si allineavano su una retta nel grafico *rank-size*, oggi la linea presenta un ginocchio al livello di circa 5 M abitanti. Si può argomentare che una città di 50 M abitanti a pianta più o meno centrale è una struttura impossibile da gestire. Città del Messico però ha oggi 30 milioni di abitanti e si avvia ad averne 50 come l'analisi logistica del suo sviluppo sta ad indicare (Figura 15) Malgrado la pianta centrale sopravvive e cresce. Sia pure col fiato tra i denti.

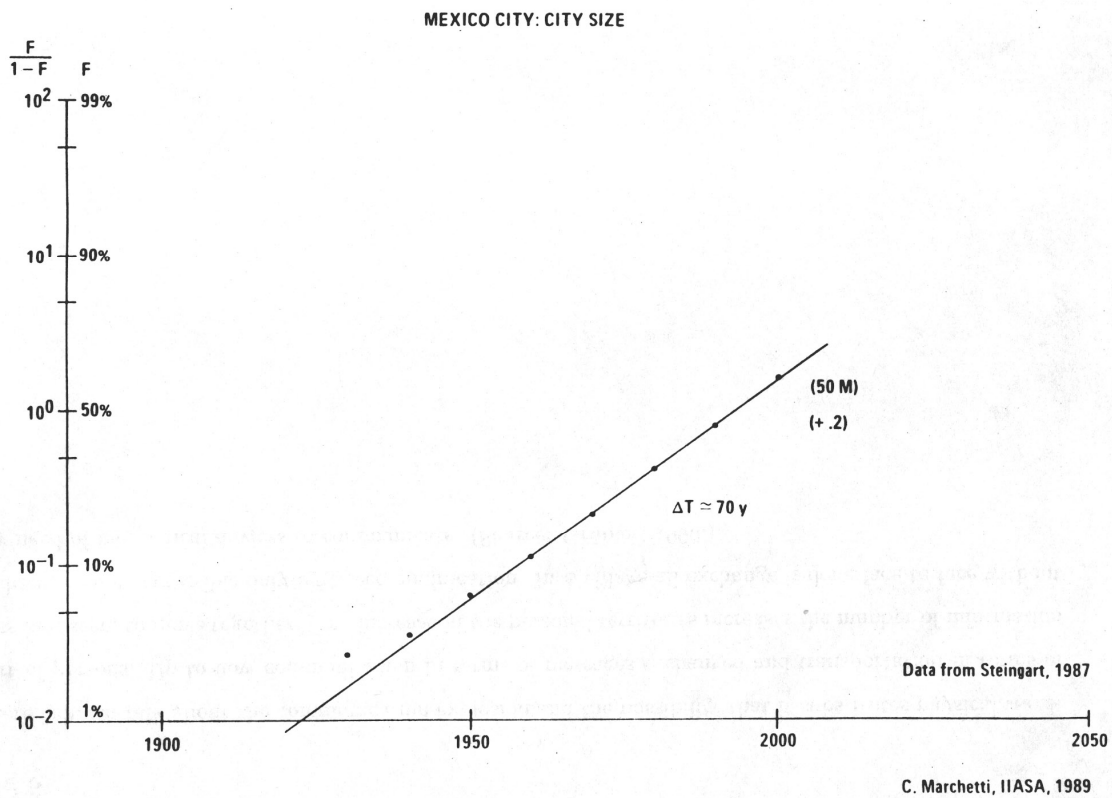


Figura 15. Evoluzione logistica della taglia di Città del Messico con un punto di saturazione a 50 milioni di abitanti.

(7) Il corridoio come città sintetica

L'inesauribile Doxiadis (1974) aveva già valorizzato il concetto di "corridoio", cioè una serie di città, di solito più o meno in fila, ma non necessariamente, collegate da treni veloci o aerei moltofrequenti e ad accesso informale (*shuttle o navette*) che entrano operativamente nella sua definizione di Eperopoli.

Aveva anche identificato i corridoi in giro per il mondo e valutato la popolazione che c'era dentro. Facendo l'ipotesi che il corridoio possa funzionare tutto sommato come un oggetto unico, ho ripetuto l'analisi *rank-size*, riportando i corridoi in tratteggiate nella Figura 16. I conti sembrano tornare perfettamente.

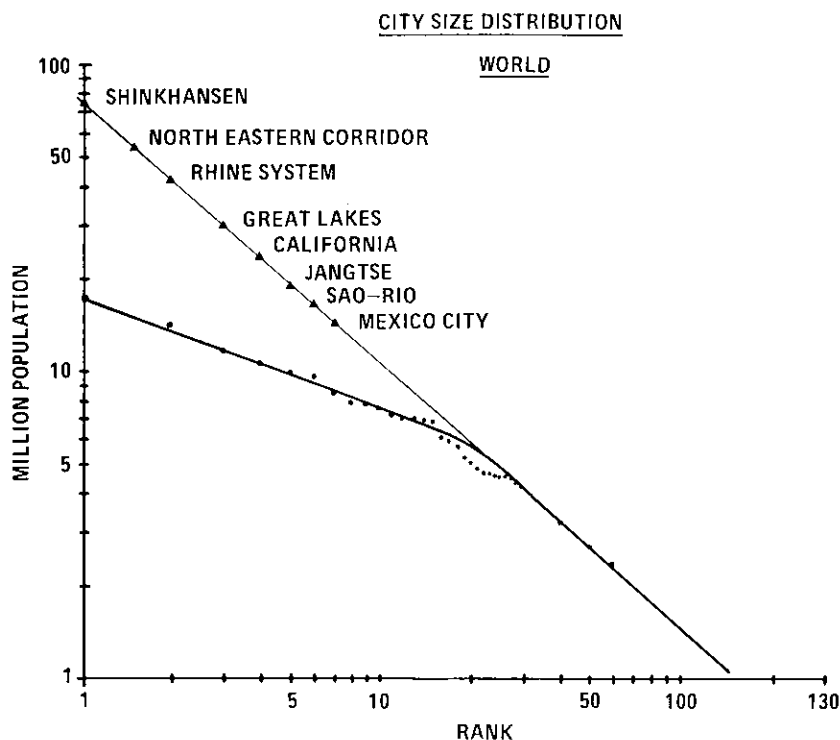


Figura 16.

In altre parole, per quanto un indicatore di frattalità possa dire, i corridoi appaiono unificati in senso funzionale dalla presenza di un servizio di *navette aeree*. Malgrado il fatto che queste movimentino giornalmente percentuali infime della popolazione, che però, svolgono ruoli elevati nella gerarchia delle funzioni.

Così come lo Zipf adornava di commenti assortiti le sue tavole, è difficile resistere alla tentazione di mostrare quale sarà la *capitale annunciata del mondo*: la fascia quasi continua di città tra Tokio ed Osaka (Shinkansen) saldata da un'intensa attività di *shuttles* (fatte con jumbo compattati fino a 600 posti), rinforzata da onnipresenti Bullet Trains.

Poichè i volumi di persone da trasportare debordano la capacità di un sistema aereo ragionevole (non si può far partire un aereo ogni 20 secondi), è iniziata la costruzione sia pur a livello sperimentale di un nuovo sistema di treni a levitazione magnetica (Maglevs) capaci delle stesse prestazioni degli aerei (600 km/h di media) e con possibilità tecniche di lancio frequente ad es. di un treno appunto ogni 20 secondi.

Quest'opera sarà operativa presumibilmente entro i prossimi 20 anni e sancirà come infrastruttura il consolidamento di *To-saka* (100 M persone), aspirante capitale del mondo nello stesso senso di Londra nel 1920.

Queste considerazioni di carattere affatto generale permettono di costruire dei giudizi, quasi sempre quantitativi, sulle conseguenze di decisioni prese in vista di modificare ed aumentare la mobilità delle persone a micro e macro livello in qualsiasi città.

Si può cominciare forse dal banale, dicendo che l'aeroporto sta divenendo il fulcro dei trasporti intercity, così come era la stazione ferroviaria cinquanta (o cento) anni fa. Di conseguenza la rete dei trasporti intracity (in particolare la metropolitana) deve inglobare l'aeroporto e collegarlo in maniera superveloce (<10 minuti) al centro geografico o funzionale della città stessa. La metropolitana potrebbe passare direttamente al disotto del parcheggio degli aerei così che i passeggeri (con eventuali bagagli) possano scendere direttamente dentro il vagone che poi parte per la città invece di infognarsi negli edifici dell'aeroporto come ora accade.

Questa configurazione potrebbe già oggi adattarsi senz'altro ai voli europei, il passeggero arriverebbe in città più o meno quando sarebbe in aeroporto con la configurazione attuale.

Una volta agevolato il collegamento bisogna snellire al massimo la gestione dei passeggeri prendendo come punto di riferimento un'aumento generale del traffico aereo mondiale di 20 volte nei prossimi 30 anni e la visione dell'obbiettivo finale può aiutare a preparare un contesto in cui il nuovo si espande, senza continuamente dover distruggere il vecchio come succede da sempre negli aeroporti.

Tanto per dare un esempio parallelo: la maggior parte dei ponti sulle autostrade costruite negli anni '50-'60 non prevedevano l'allargamento delle stesse a 2x3 corsie, il che ha obbligato a ricostruirli di sana pianta con spese e intralcio non indifferenti.

Tornando a Firenze, con la sua demografia in contrazione, è chiaro che per mantenere le posizioni e magari allargarle necessita delle sinergie delle altre città limitrofe, Prato, Pistoia, Lucca, Pisa, Livorno, e quelle minori lungo l'Arno. La sinergia potrebbe essere raggiunta aggiungendo un quinto anello al Micrometro, l'anello appunto che lega le città suddette, a chiudere magari su Peretola facendo una città sola se i tempi di transito sono sufficientemente brevi.

(8) Telefonare o viaggiare?

Ci si può anche chiedere come molti oggi fanno, se l'esplosione delle *telecomunicazioni* non sostituirà in parte od *in toto* i viaggi. La risposta antropologica è che *non interferirà in alcun modo con il viaggiare nella sua quantità* anche se può in certa misura modificar negli obbiettivi.

Il viaggiare nasce da una pulsione istintiva che usa razionalmente i mezzi che la tecnologia mette a disposizione per raggiungere l'obbiettivo della pulsione: *la massimizzazione del territorio.*

Delle sublimazioni che operino in spazi astratti sono pensabili, ma non plausibili. D'altra parte il viaggiare, estendendo spazialmente i contatti, estende anche la necessità di telecomunicazioni, lettere, telegrammi, telefonate e fax. In effetti l'analisi dell'evoluzione delle distanze percorse e dei messaggi scambiati, fatto per la Francia a partire dal 1800 (Grübler, 1988) mostra un pressochè perfetto parallelismo tra le due crescite (Figura 17).

France – Transport & Communication Index

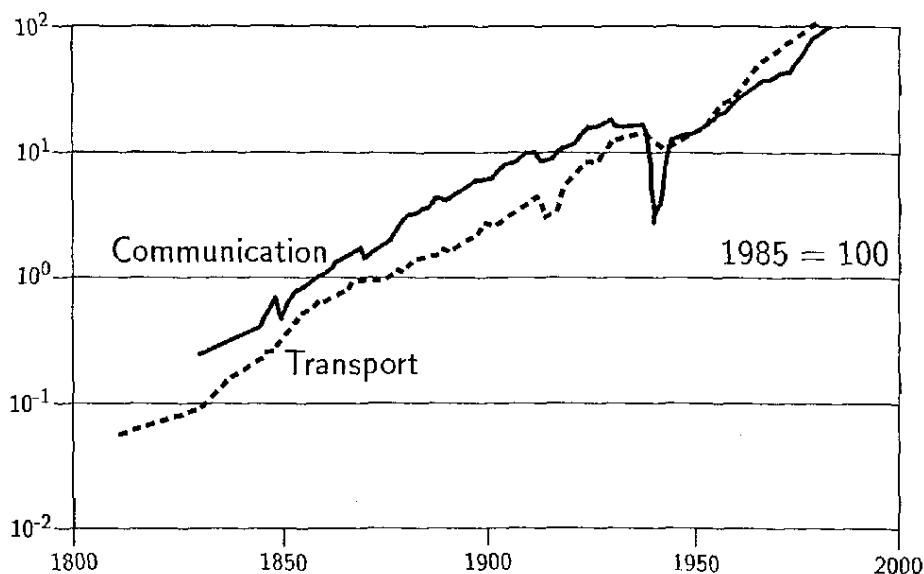


Figura 17.

Per i prossimi cinquanta anni dunque sarà l'aereo che penetrando nel *time sharing* dell'ora famosa provvederà ad aumentare la mobilità generale della popolazione, come l'auto ha fatto in maniera impressionante negli ultimi cinquanta anni. *Gli aeroporti saranno dunque il fulcro del sistema di trasporto intercity e tutto il resto va concepito intorno a loro anche le metropolitane che distribuiscono i viaggiatori in città*.

Anche i Maglev avranno, almeno inizialmente una nicchia naturale nella connessione tra aeroporti che hanno già un traffico di connessione che il sistema aereo presto non sarà in grado di gestire, es. Londra-Amsterdam o Parigi-Londra.

(9) Il futuro nel passato

Le invarianti antropologiche, e la velocità media delle auto misteriosamente ferma a 40 km/h dai tempi di Ford più l'equazione: una patente = una macchina, indicano una saturazione del traffico auto (ma non di camion!) che inibisce la visione di una grande espansione futura delle autostrade.

Nel caso degli aeroporti la visione del futuro sembra sempre essere mancata, visto che come già dettoda trent'anni viaggiamo in aeroporti in continua rie-laborazione.

E le cattive esperienze passate non si sono sedimentate in qualche forma di saggezza: un'analisi logistica dello sviluppo del traffico di aeromobili nell'aeroporto Monaco-1 mostrò nel 1990 che quando Monaco-2 avrebbe aperto nel 1993, sarebbe stato saturo, diciamo addirittura il giorno stesso dell'inaugurazione. Cosa puntualmente verificatesi. Un fallimento assoluto dei forecasters.

Si cita spesso il fatto che i traffici stimolano la costruzione di infrastrutture e queste lo sviluppo dei traffici. Questo suona banale, ma si è troppo spesso osservato il caso di infrastrutture che non hanno generato niente. A prescindere dall'ovvia necessità di sufficienti insediamenti, una condizione necessaria e spesso negletta per il successo di una nuova infrastruttura di trasporto, è che questa *diminuisca sostanzialmente il tempo di transito*.

In uno studio che ho fatto su tre città (Lisbona, Istanbul, Hong Kong) divise da un canale servito da *ferries*, che davano tempi di transito tutto incluso di circa un'ora, ho cercato l'effetto di ponti e tunnels che riducevano questo transito a 10÷20 minuti, ed ho mostrato che il traffico è aumentato di *un'ordine di grandezza* in 5÷20 anni. Questo perchè le due città ai lati dei canali si sono fuse in una attraverso la possibilità di andare da una parte all'altra con il "trip lungo" *giornaliero* di 30 minuti.

Dal punto di vista concettuale, le varie considerazioni svolte nel testo precedente permettono in principio di valutare l'effetto di un nuovo mezzo di trasporto sui flussi del traffico.

In sintesi, chi abita in una città vede lo spazio intorno con delle isocrone centrate sulla sua casa. Farà un viaggio giornaliero dentro all'isocrona di mezzora, ed un paio dentro quella di dieci minuti. Anche il posto di lavoro o di shopping frequente operano nella stessa maniera. I loro clienti arrivano dall'intorno di una isocrona di circa mezzora per le operazioni importanti (il lavoro!) e di una diecina di minuti per le operazioni spicciole (acquistare il pane).

Il traffico è dunque determinate sostanzialmente dalla densità spaziale della popolazione e dalle isocrone che discendono della velocità dei mezzi di trasporto. Normalmente le infrastrutture seguono con ritardo la domanda. La pedonalità non elimina l'ingorgo come mostra uno spiritoso disegno sul traffico di Londra, di G. Doré, fatto nel 1860.

(10) Dai modelli alle considerazioni su Firenze

Per assicurare il successo di un'opera nuova ed impegnativa come una metropolitana, il suo inserimento nel contesto di una domanda di mobilità attuale e potenziale non soddisfatta dalle infrastrutture esistenti e' di primaria importanza e dovrebbe essere visto dall'interno del sistema ma all'esterno dei numerosi interessi che divergono da quelli del cittadino-utente che chiede solo di aumentare la sua mobilità', cioè' come detto prima, la sua velocità' media.

La città di Firenze è situata in una strettoia della valle dell'Arno che complica assai i traffici nell'abitato e lungo la valle. Per quello che riguarda la seconda parte da un secolo si parla di cio' che oggi verrebbe chiamato un *by pass*, o a nord, sotto le colline di Fiesole, o a sud dentro quelle di Arcetri di cui poi parleremo che permetta un facile superamento dell'abitato con o senza attraversamento cioè' in galleria.

Non stranamente nel contesto fiorentino dove i vincoli sembrano essere sempre più numerosi dei gradi di libertà, malgrado i numerosi e razionali progetti che si sono succeduti negli ultimi cinquanta anni nessuno di questi ha raggiunto lo stadio esecutivo. Come già successe al tempo del fascismo per muovere qualcosa sembra volerci una volontà' esterna forte. Si può' sperare nel fattismo del Berlusconi.



Figura 18. Il traffico a Londra centro nei primi dell'800 secondo Dore'.

La cosa è importante anche nel nostro ambito della mobilità connessa alla metropolitana perchè la viabilità come vedremo si trova onerata da un traffico in certo senso esterno alla città stessa ed eliminandolo si potrebbe forse cominciare ad alleviare quello interno, specialmente sui Viali e riportare la mobilità cittadina alla città'. Dicerto eliminando I semafori sui viali attraverso sottopassaggi, soluzione adottata per le cinture

di scorrimento di molte città, si potrebbe già aumentare diciamo di tre volte la capacità di traffico ma è sempre un palliativo.

Non parrebbe nostro compito entrare in questi soggetti, però una metropolitana è inserita in un contesto di mobilità in cui tutte le situazioni al contorno hanno il loro peso, **in particolare in relazione ai grandi parcheggi che paiono essere una condizione necessaria al suo successo** e che costituirebbero un elemento di rottura per evitare che il traffico si rapprenda definitivamente **o si sposti altrove tirandosi dietro la città come sta di fatto succedendo.**

Una città di circa mezzo milione di abitanti come Firenze ha d'ufficio tre-quattro milioni di spostamenti ogni giorno. Questi avvengono in ogni città del mondo e non importa avere statistiche dirette. Ogni cittadino esce di casa in media tre o quattro volte al giorno. Una di queste uscite è fatta di solito a piedi ed una inevitabilmente in macchina. Sempre sulla base delle statistiche generali e visto il reddito medio fiorentino ci sono oltre trecentomila macchine di proprietà dei residenti legalmente parcheggiate per le strade.

Come tutte le macchine di proprietà privata, il parcheggio dura circa 23 ore al giorno ed il movimento una. Città come Tokio dove il problema era naturalmente identico anche se ovviamente più esteso hanno trovato una prima soluzione obbligando i proprietari di macchine di munirsi di garage, proprio o meno.

Nel caso di Firenze ed in una prospettiva temporale di una trentina di anni, la più breve che si può prendere in conto trattandosi di una metropolitana, il problema è reso complesso dal fatto che il blocco del traffico nell'area centrale ha si danneggiato i cittadini in prima istanza, ma poi anche le istituzioni che di cittadini si nutrono.

Si assiste così ad un esodo a dir poco disordinato, dell'Università Tribunali, Carabinieri etc. etc. ed inevitabilmente dell'indotto a loro connesso, verso un'area la cui struttura urbana appare caotica e dove certo le regole gerarchiche di Virirakis non sono rispettate. Dunque non si sta formando una città alternativa con tutte le ottimizzazioni del caso ma una lussuosa bidonville che dovrà cercare il suo ordine.

A questo si aggiunga la disgraziata qualifica di città d'arte che porterà Firenze a distruzione sicura quando tre miliardi di asiatici avranno i mezzi per visitarla.

Si arriverà allora ad una città vuota di abitanti all'interno dei viali, con torme di turisti alloggiati in Valdinievole o in Versilia. Servi, commessi e netturbini si precipiteranno in sincronia dentro e fuori della città all'inizio ed alla fine del giorno.

Per ragioni simili Venezia ha spedito a Mestre la sua *vis vitalis* per ridursi a museo all'aperto. C'è la via, ma il sistema di trasporti e di infrastrutture di trasporto è diverso da quello di una città reale e Micrometro dovrà inevitabilmente tenerne conto.

Riflessioni varie su vecchie e nuove vie di traffico per Firenze

Firenze è come detto una città incastrata in una strettoia della valle dell'Arno e questo comporta un certo numero di condizionamenti per quanto riguarda la viabilità e la mobilità. Intanto come succede in una vallata che stabilisce una direttiva di traffico, molti movimenti non sono specificamente diretti alla città, ma sono degli attraversamenti. Di solito il problema viene risolto con un bypass che però non esiste nel caso specifico di Firenze.



Figura 19. Bypass nord e sud come da vecchi progetti.

Un esempio da manuale di un tipo di bypass vicino al centro storico è dato da Bruxelles dove è stato realizzato, con grande visione, nel complesso dei lavori di sistemazione postbellica della città. Questo bypass ha molte analogie con i Viali di Firenze, ma sugli incroci delle strade radiali ci sono delle discese-sottopassaggi e degli svincoli laterali che permettono un flusso di auto continuo e veloce senza l'intoppo dei semafori e con la possibilità appunto agli incroci di entrare ed uscire dall'anello. Come ordine di grandezza il flusso è di tre o quattro volte di quello di una circonvallazione con semafori.

Si è in effetti discusso per molti anni di un bypass dedicato a nord, sotto Fiesole, e di uno a sud dietro ad Arcetri, ma nessuno dei due progetti ha superato le numerose e ben note contraddizioni del sistema, un problema che anche la micro metropolitana non potrà evitare.

Il traffico di attraversamento passa così lungo la cerchia dei viali appesantendo il già intenso traffico cittadino o impropriamente lungo un arco molto esterno costituito dall'autostrada del sole già appesantita dal suo traffico a più lungo raggio. Ne verrà che l'autostrada del sole sarà bloccata durante le ore di punta cittadine. Le valutazioni di traffico allegate a questo progetto di bypass suggeriscono una cifra di circa 100 000 transiti di auto al giorno ovviamente nei due sensi.

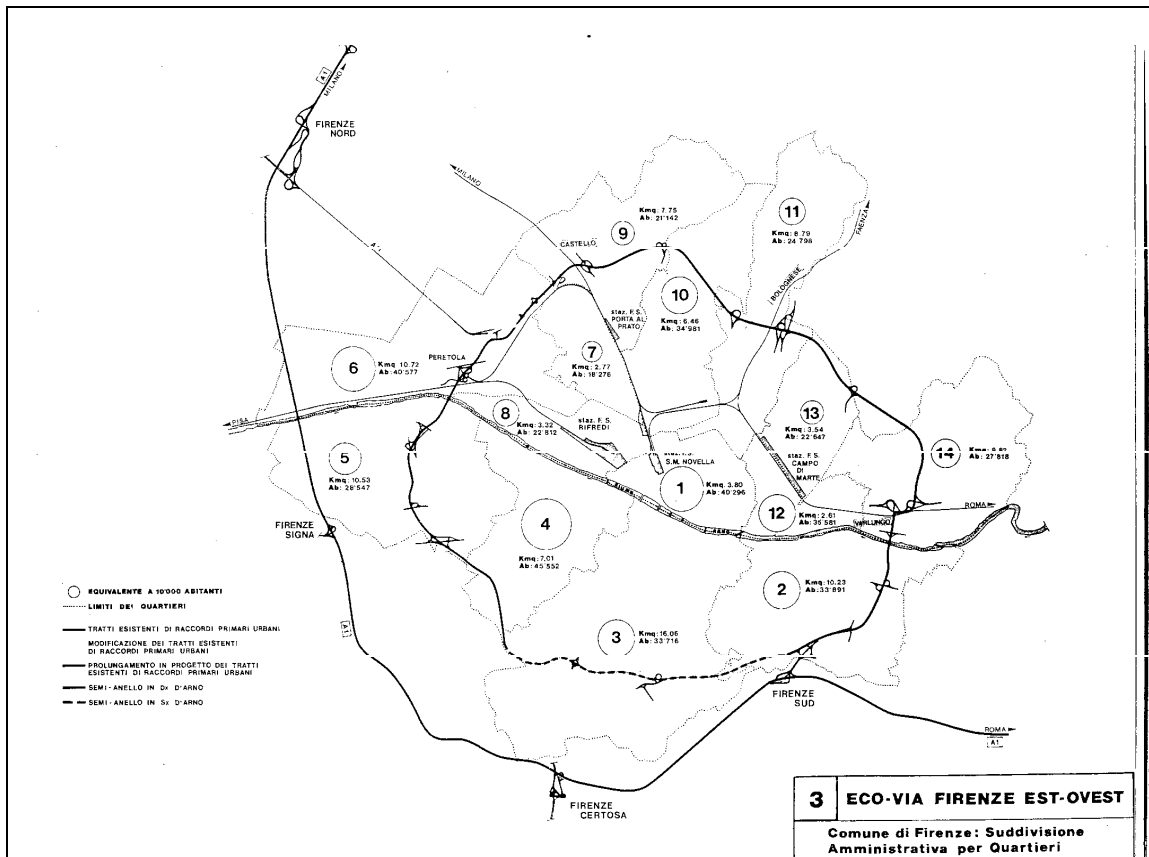


Figura 20. Il vagheggiato bypass nord e sud con indicazione degli abitanti nei vari settori della città.

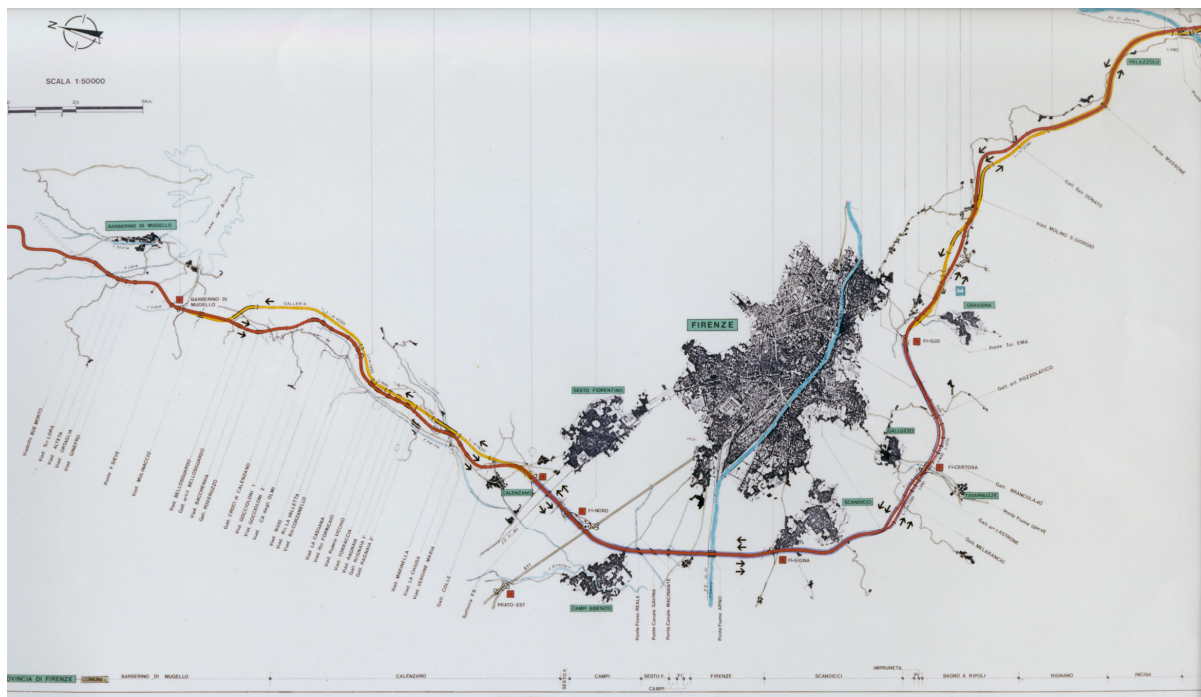


Figura 21. Bypass con espansione dell'autostrada del sole.

Inoltre Firenze costituisce un centro di lavoro e di affari per molte persone che vivono ed operano al di fuori, stimolando così una corrente di traffico centripeta, fondamentalmente basata sull'auto. Tanto per dare una cifra statistica di orientamento, che però sulla base di considerazioni generali ci appare troppo piccola, ogni giorno entrano in Firenze circa 40 000 auto. Questo flusso non è oggi controllabile per mancanza di strutture concepite appositamente per un parcheggio regolato e può divenire una carta vincente per la micro metropolitana se verrà progettata *around the problem*. Sostanzialmente con megaparcheggi piazzati sulle sue stazioni periferiche. E' il modello sperimentato del **Drive and ride**.

Diventera' anche automatico catturare il traffico, soprattutto di pendolari che confluisce alle stazioni ferroviarie. Questo traffico si potrebbe molto aumentare **se nelle linee regionali I treni viaggiassero con i principi di una metropolitana**, piccoli e frequenti, diciamo ogni dieci minuti. Dicerio sarebbe molto interessante se la metropolitana stessa potesse entrare nel sistema delle ferrovie, cosa proposta moltissime volte ad es per le ferrovie nord di Milano ma sempre fallita per la perseverante difesa del territorio da parte delle ferrovie stesse. Ma la situazione sta cambiando.

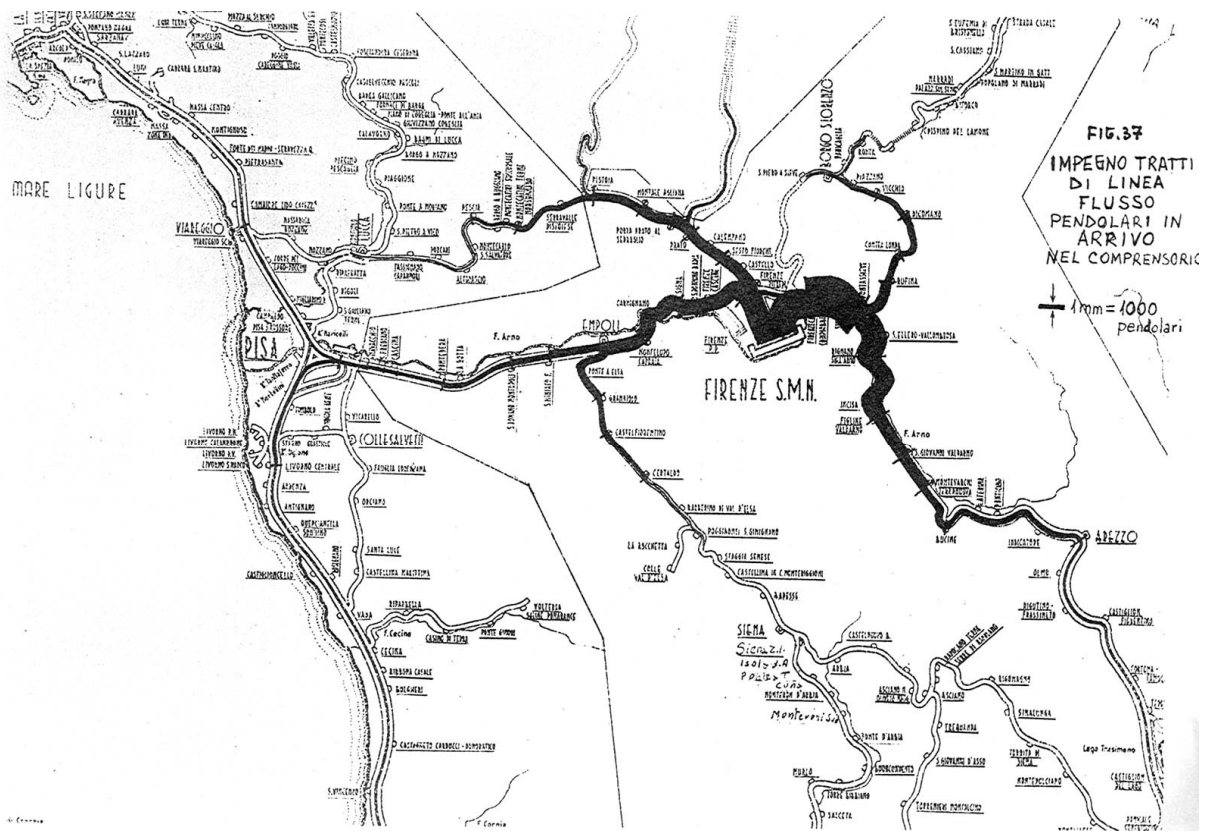


Figura 22. Pendolari in entrata con il treno. Il grafico visualizza molto bene la situazione con i "sobborghi" che si prolungano fin dopo Arezzo fornendo flusso a tutte le distanze. E' ovvia l'importanza di una metropolitana per smistare questi alti flussi, che oggi si muovono su bus, motorini e biciclette come si puo' constatare dai parcheggi della stazione.

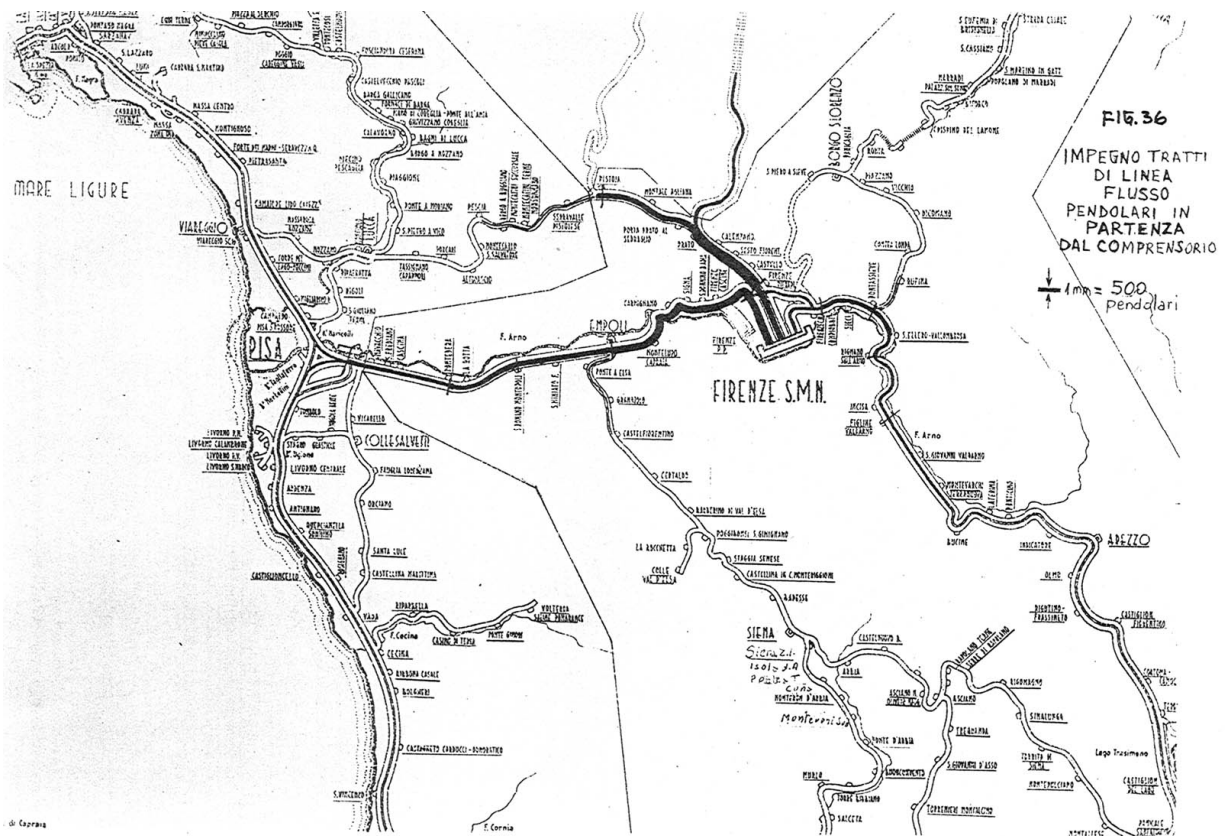


Figura 23. Pendolari in uscita con il treno. Come si vede dai grafici il pendolarismo è prevalentemente centripeto con una minoranza che refluisce in direzione di Prato e di Empoli.

Come detto e ripetuto in precedenza, sulla base del reddito e della popolazione che possiamo assumere come cifra tonda essere di circa 500 000 persone, all'interno del comune di Firenze dovrebbero esistere oggi circa 300 000 macchine. Parcheggiate quasi tutte nelle strade, visto che statisticamente un'auto viene utilizzata in media solo circa un'ora al giorno e ne riposa 23, i parcheggi privati sono poi molto pochi e curiosamente tassati come oggetti di lusso.

Le 500 000 persone in una città di dimensioni medie come Firenze fanno circa tre uscite dalle loro case, cioè sei trips al giorno, o circa 3.000.000 al giorno in totale. Seguendo le statistiche delle varie città del mondo a reddito comparabile, circa un milione dei trips sono a piedi ed il resto su veicoli. Presumibilmente auto e motorini, visto che i servizi pubblici che hanno statistiche abbastanza credibili basate su biglietti e controlli ne dichiarano circa 100 000, circa il 3% degli spostamenti totali.

Non dovremmo dunque pensare al problema del traffico di Firenze in termini di una redistribuzione tra i mezzi pubblici di limitatissimo impatto, inglobandovi una potenziale micrometropolitana, **ma di un trasferimento dal privato al pubblico grazie ad una maggiore attrattività di quest'ultimo.** La cosa non è facilissima ed è di fatto difficilissima come abbiamo già accennato nella parte preliminare e come numerosi *flops* di *people movers* in giro per il mondo hanno dimostrato. Ripetiamo per l'ennesima volta come il problema centrale sia che l'utente classifica la qualità di un mezzo di

trasporto sulla base di un parametro in cui cadono miseramente quasi tutti i mezzi di trasporto pubblico, **la velocità**.

La micrometropolitana non sfuggirà neanche lei a questa scelta ineluttabile e va dunque progettata in relazione al concorrente che trasporta il maggior numero di passeggeri, l'automobile. Nella sequenza dei mezzi di trasporto che sono stati creati e diffusi negli ultimi due secoli, l'automobile ha il privilegio di essere una protesi di trasporto personale e di provvedere la maggiore quota di mobilità di tutti i metodi precedenti grazie appunto alla sua alta velocità porta a porta.

In effetti andando a vedere le statistiche sull'uso e la performance dell'auto negli ultimi ottanta anni, si vede che l'auto ha dato al suo possessore una mobilità di circa quaranta chilometri al giorno, estendendo il suo territorio di azione dai 20 km quadri dell'uomo piedi (un raggio di 2,5 km) a circa 1000 grazie ad una velocità sette volte maggiore di quella appunto dell'uomo a piedi. Questo curiosamente fin dal tempo di Ford. La velocità *media* in effetti non è aumentata in 70 anni.

Si può così capire come l'uomo fortemente territoriale com'è, una volta preso possesso di un'auto non ci si staccherà che in cambio di mezzi ancor più veloci, ad es. l'aeroplano. In effetti negli Stati Uniti, e per i viaggi intercity dove l'aereo ha la possibilità tecnica di competere, i chilometri fatti in aereo raggiungeranno quelli fatti in auto tra una decina di anni.

Il problema dell'auto è comune a tutte le vecchie città e questo semplifica il nostro compito di descrivere il caso ed i problemi di Firenze. Nella sostanza chi ha provato l'ebbrezza dei 40 km di media non se ne stacca più e rifiuta, sia pur subcoscientemente le situazioni che lo deprivano. Il problema dell'auto d'altra parte è che la sua dimensione la rende inadatta alla penetrazione verso il centro dove le densità del traffico crescono e gli spazi disponibili diminuiscono, un problema che si poneva marginalmente con l'uomo a piedi, ed in piedi, grazie alla sua limitata proiezione in pianta.

Attraverso le sue esplorazioni empiriche il sistema cerca soluzioni incrementalmente ai problemi correnti, e senza una decisione generale e razionalizzata che avrebbe spedito le auto nei garage tanto per cominciare, sposta la mobilità sui motorini che hanno caratteristiche dinamiche simili all'auto, ma una sezione in pianta molto minore. Il fatto che siano anche piuttosto scomodi e che ce ne siano in Italia circa dieci milioni ribadisce quanto detto che nella mobilità la comodità è un optional e la sostanza è la velocità. Stanno però entrando nel mercato dei motoscooters che per comodità e prezzo sono assimilabili a delle auto salvando così capra e cavoli, e si stanno sperimentando dei veicoli computerizzati che viaggiano su una sola ruota ed hanno una sezione in pianta vicina a quella di una persona.

Se per comprendere meglio i meccanismi del cambiamento si va ad esaminare una città a piedi come quelle che l'uomo ha avuto fino al 1800, si vede intanto che questa città non ha mai avuto un diametro superiore ai 5 km. Il profondo significato di questa dimensione è che tutti i cittadini, inclusi quelli che vivevano vicino alle mura, potevano accedere al centro della città in meno di mezzora. **Il centro della città era dunque il punto di massima accessibilità per il massimo numero di cittadini, di fatto tutti.** Era allora naturale che l'amministrazione, la religione ed il commercio, la piazza di mercato e l'agorà, fossero collocati nel centro.

Il centro, di fatto il centro geometrico visto che il sistema era isotachico, viaggiando tutti a piedi, ed avendo il massimo numero possibile di clienti, albergava naturalmente i negozi di massimo lusso ed i servizi di generale interesse ma non di uso quotidiano, genere notai ed avvocati. E come causa o conseguenza tribunali e prigioni. In un centro in cui la velocità possibile diminuisce rispetto a quella della periferia questi vantaggi di posizione vengono automaticamente a scomparire perché il massimo numero di clienti calcolato sulla base dell'accesso veloce si avrà presumibilmente alla periferia.

Una spia esplicita del fenomeno si ha quando un centro commerciale verrà aperto non al centro, **dove è sempre stato**, ma in una località periferica. Non sarà difficile verificare che questa scelta è stata fatta sulla base della mobilità, presumibilmente in auto, dei potenziali clienti. Prima però che questo succeda è facile verificare la situazione con semplici esperimenti. Io personalmente ho una casa vicino, ma fuori Firenze. Per venire a comprare un libro al centro, diciamo vicino al porcellino dove conosco simpatici librai, mi occorrono, a consuntivo, quattro ore. E' evidente che malgrado la simpatia personale comprerò il libro via Amazon, il che mi costa cinque minuti.

La storia può esser banale ma è emblematica, la rarefazione di clienti che provengono dalla periferia porta ad una ischemia funzionale del centro con tutte le conseguenze che ne derivano. Ischemia significa necrosi e morte, cosa che è regolarmente successa in città come Chicago e Detroit dove i centri sono stati funzionalmente bloccati per il fatto che le macchine non potevano accedervi. Non per gride politiche come a Firenze, ma semplicemente perché il centro delle città non era dimensionato per accogliere la dimensione delle auto.

Quando il fenomeno è apparso in Europa grazie ad inconsapevoli ed improvvide amministrazioni, si è corso ai ripari facendo impropriamente ricorso agli scongiuri. L'auto è alla base dei problemi, giusto, dunque basta eliminare la sua presenza dal centro. Ahimè sbagliato, perché le auto incidentalmente trasportano i cittadini che vivificano e irrorano il centro. Ah ma dissero gli amministratori improvvidi, se si impedisce ai cittadini di venire in centro con la macchina devono venire col mezzo pubblico. Naturalmente lento.

Quello che succede è che i cittadini drogati dalla velocità della macchina poi in centro non ci vengono affatto portando alla ischemia di cui sopra. Ma dicono gli stessi amministratori, e sia ben chiaro non solo a Firenze, chi deve venire a lavorare in città deve in ogni caso prendere il mezzo pubblico, veloce o lento che sia. Restando in questo caso a Firenze, il Tribunale, sorgente di molta attività civica, se ne va misteriosamente verso Prato, e così l'università, anche lei alla base di molti traffici ed attività terziarie.

Ma, dicono gli amministratori, resta il turismo, tipica operazione da Disneyland dove i servi di queste melme umane servono souvenir, pizze al taglio e cessi quasi decenti. Verranno anche dieci milioni di turisti cinesi all'anno e porteranno forse anche business ma resta un'attività da terzo mondo, presumibilmente operata da terzomondisti. Anche i famosi negozi di moda, fiore all'occhiello quando si parla del centro di Firenze, fanno parte del Disneyland, quelli che ci lavorano vengono di solito dal di fuori ed anche i profitti vanno fuori. Possono essere facilmente sostituiti dai discounts, situati in campagna, dove i turisti vanno comodamente coi loro autobus.

Riassumendo questo excursus, il problema centrale di Firenze è la riattivazione del centro storico e geometrico della città trovando un punto di incontro con le auto che permetta il rientro dei cittadini-clienti. La soluzione è concettualmente semplice, ma estremamente complessa in pratica. Rendere la città di nuovo isotachica, ma verso l'alto, **cioè provvedendo un sistema di trasporto che permetta di muoversi nei dintorni del centro almeno con la stessa velocità media con cui ci si muove in macchina nella periferia, circa 40 km/hr.**

Un primo approccio che varie città stanno seguendo è di cacciare le auto dei residenti dalle strade rendendo i garage obbligatori come a Tokio. Una prima misura che ad es gli amministratori di Vienna hanno avuto il coraggio di applicare consiste nel tassare le macchine dei residenti per occupazione di suolo pubblico, spingendo così economicamente verso il garage. Questa liberazione permetterebbe di parcheggiare sulle strade le auto in mobilità che poi sono quelle che portano business. E bisognerebbe anche provvedere a parcheggi incastrati nelle stazioni dell'eventuale metropolitana per rendere il passaggio modale comodissimo e velocissimo anche per chi si muove all'interno della città stessa.

L'idea che circola a Firenze di realizzare parcheggi orizzontali magari piuttosto grandi ad es. per l'aeroporto, costringendo l'utente diciamo così a chiamare un taxi per uscirne è assolutamente *against the grain* della situazione. I parcheggi devono permettere un passaggio intermodale rapidissimo, e per questo devono essere accorpati alla stazione in modo quasi sferico con la stazione nel centro. A questa configurazione si è empiricamente arrivati ad es. con le stazioni di scambio intermodale della metropolitana di Washington che torreggiano solitarie nelle campagne circostanti.

Un altro punto di estrema importanza è nel dimensionamento di questi parcheggi. Se si spulciano i progetti in proposito per l'area di Firenze ci si trova di fronte a numeri assolutamente inadeguati con il volume di traffico automobilistico che si vuol tamponare. Se a Firenze arrivano ogni giorno diciamo trentamila auto è questa la capacità di riferimento ovviamente distribuita sulle quattro o cinque direttive da cui le auto provengono.

Bisogna anche tener presente l'evoluzione del traffico turistico che converge su Firenze con autobus oggi sistemati alla meglio qua e là. Una stazione della metropolitana situata in posti adatti ad un grande parcheggio autobus, permettendo un rapido accesso al centro che è poi la meta inevitabile dei turisti, fornirebbe una soluzione ideale e definitiva. Si può tener presente che i turisti consumando un grande viaggio annuale non sono così pignoli sui tempi.

Il problema cruciale per i progettisti ed i *decision makers* di una metropolitana è di sapere quanta gente ci viaggerà, sia in assoluto che in termini di share con gli altri mezzi di trasporto.

Vista la complessità delle reazioni dell'utente alle caratteristiche della nuova offerta di trasporto non è fattibile allo stato attuale di un progetto di massima che non affronta numericamente i punti chiave, dare delle valutazioni che potrebbero apparire scoraggianti oltre che *misleading* essendo basate solo su un progetto di massima.

In prima approssimazione la micro metropolitana potrebbe servire agli spostamenti non a piedi interni alla città. Sono circa due milioni al giorno, il pool è considerevole. Purtroppo il bacino pedonale di una stazione della metropolitana è molto

esiguo, circa 250 metri di raggio, o 25 ettari, un dato universale che l'ATAF ha verificato anche per Firenze. In questa ottica il numero limitato di stazioni dell'attuale progetto porta ad un bacino totale di utenza per gli spostamenti interni alla città molto limitato più o meno 500 ettari. Non si può ovviamente comparare con i 10 000 ettari del comune di Firenze, ma il rapporto dà un'idea dell'esiguità.

Mettere le stazioni a 500 metri di distanza raddoppierebbe il bacino per una certa linea ed aumenterebbe il traffico potenziale di circa quattro volte se si ipotizza che i passeggeri vadano in giro stocasticamente, come statisticamente sembra che vadano. Poiché dei pozzi di ventilazione ed intervento sono già previsti per legge ogni 500 metri, trasformarli in stazioni non dovrebbe costare molto con evidente vantaggio per il traffico potenziale.

Il problema reale è un altro, se ci si fissa su una data velocità per poter far concorrenza alle macchine, la potenza necessaria ai veicoli crescerà con l'infittirsi delle stazioni e si dovrà pensare a 100kw/ton di veicolo invece dei 20 kw/ton previsti nel progetto. Incidentalmente 100 kw/ton è la potenza indicativa del concorrente, un'auto con grinta. Queste caratteristiche escono dalla tecnologia corrente dei motori per treni e tram ma fortunatamente lo sviluppo dell'auto con celle a combustibile cioè elettrica sta portando allo sviluppo di motori elettrici leggerissimi e potenti, con le caratteristiche qui richieste.

Essendo la trazione elettrica si può pensare che tutte queste partenze e frenate fulminanti pesino assai sulla rete che deve servire il sistema. Per fortuna un'altra volta, con l'introduzione di autobus ad idrogeno con celle a combustibile simili problemi si presentano all'industria automobilistica che è costretta a risolverli. In effetti le celle a combustibile sono molto care e la potenza di spunto viene richiesta per tempi totali così brevi che vale la pena di pensare ad un accumulatore di spunto.

Le batterie hanno i loro problemi e sta riemergendo per l'ennesima volta l'idea del volano però ora con il supporto di materiali ed elettronica sempre più sofisticati. Un package di 3 kwh sembra essere disponibile o quasi commercialmente che potrebbe fornire i 100 kw per la diecina di secondi dell'accelerazione.

E' noto che questi *packages* hanno molte delle caratteristiche della nitroglicerina, ma l'industria automobilistica sembra avere risorse illimitate per risolvere i problemi che la interessano. L'accumulatore solleverebbe la rete dai *peaks* violenti ed internalizzerebbe il problema dei recuperi da frenaggio. D'altra parte l'arrivo della tecnologia dell'idrogeno nei prossimi dieci anni pone all'industria automobilistica dei calendari di sviluppo tecnologico che quadrano con i tempi presunti della realizzazione di una metropolitana.

Chiidamo qui il giro di orizzonte su problemi e soluzioni. Speriamo che la situazione sia chiara pur nella sua complessita' e speriamo di aver dato molti spunti per la formulazione del prossimo round di progettazione.