



Teorie, strategie ed azioni per uno sviluppo efficiente del trasporto regionale

Theories, strategies and actions for the efficient development of regional transit

Dott. Ingg. Agostino CAPPELLI^(*), Alessandra LIBARDO^(*), Silvio NOCERA^(*)

1. Introduzione

Il ruolo degli esperti di trasporto è in continua evoluzione in quanto richiede di valutare come gli investimenti nel settore dei trasporti possano essere coerenti con i principi e le pratiche di pianificazione e sviluppo del territorio. Il coordinamento tra la gestione dell'uso del suolo e l'ingegneria dei trasporti richiede di accertare e valutare come le scelte urbanistiche abbiano effetti sul sistema di trasporto e possano aumentare le possibilità per accedere ad opportunità e servizi necessari alla qualità della vita. Questo non è sempre sufficiente ed i pianificatori del territorio dovrebbero essere anche consapevoli degli effetti dei sistemi di trasporto esistenti e futuri sul benessere delle comunità e dovrebbero essere in possesso di metodi semplici ed efficaci per misurare le loro prestazioni.

La forma delle reti di trasporto è stata storicamente determinata dall'organizzazione del territorio. Tuttavia, al crescere del numero e delle dimensioni delle aree urbane e aumentando la diffusione dell'auto privata, la pianificazione del territorio e dei trasporti sono divenute sempre più specializzate e l'integrazione tra le due discipline è risultata più difficile.

Il coordinamento tra utilizzo del territorio, pianificazione dei trasporti e obiettivi di sviluppo economico è lo strumento indispensabile per organizzare il territorio in modo razionale ed efficiente. Ciò richiede politiche ben definite in termini di principi e strategie [6], favorendo un equilibrio di usi misti ed integrati (residenza, istruzione, lavoro, tempo libero, commercio e servizi alle persone), consentendo di superare il tradizionale concetto di "prossimità geografica" grazie ad un servizio di trasporto efficiente. Questo approccio dovrebbe essere visto come centrale all'interno del processo decisionale al fine di contenere gli impatti a lungo termine e offrire una più ampia possibilità di scelte coerenti di natura urbanistica e di mobilità [13].

Gli esperti di settore stanno discutendo da molti decenni sulla necessità di un cambiamento nel modo di pro-

1. Introduction

The role of transportation professionals is evolving and more frequently calls for them to understand how transportation investments can be consistent with the principles and practices of land use planning and development. At a minimum, the coordination of land use and transportation engineering requires that those concerned with the well-being of a given community assess and evaluate how land use decisions effect the transportation systems and can increase viable options for people to access opportunities and services to improve the quality of their lives. This is always not enough, as land planners should be aware of the effects the existing and future transportation systems may have on the welfare of community and possess adequate methods to measure their performance.

The shape of transportation networks has often been derived from the organization of a given territory. Yet, as the number and size of urban agglomerates grows, with full car availability given for granted, and as land-use and transportation planning became increasingly specialized, this causality effect has become difficult to manage.

Coordinating land use, transportation planning and economic development allows to organize the territory rationally and efficiently. This requires definite policies, principles and strategies [6], encouraging a balance of mixed uses (including housing, educational, employment, recreational, retail and service opportunities), to be able to go over the traditional concept of "geographical proximity" through an efficient transportation service, and taking layout as well as design quality into thought. In addition, the consideration of long term and broader impacts of land use decisions on natural and human-made environment, including transportation systems and facilities, as well as the irreversibility of the most steps taken, should also be seen as central within the decision-making process. The aim is to limit the long term impacts and to give more possibilities regarding coherent urban and transportation choices [13].

^(*) IUAV Università di Venezia, Unità di ricerca "Trasporti, Territorio e Logistica".

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

grammare gli interventi sul territorio e sulla mobilità, al fine di migliorare la sostenibilità sia del trasporto passeggeri [26] sia di quello merci [18, 35]. Secondo BANISTER [3], la discussione è iniziata nel 1960, quando i pianificatori dei trasporti hanno sviluppato un metodo scientifico per risolvere i problemi del trasporto urbano, utilizzando l'approccio deduttivo classico (raccolta di dati, definizione degli obiettivi, previsione della domanda futura). Esso considera l'uso del territorio come input (sia nello stato di fatto sia nelle previsioni future) senza correlare le possibili modifiche all'uso del suolo per ridurre i costi esterni dei trasporti. Tuttavia, in una prospettiva di sostenibilità, questo approccio risulta piuttosto rischioso: limitando l'attenzione alla pianificazione del territorio è difficile organizzare un sistema di trasporti (soprattutto collettivi) di alta qualità [57]. Nella realtà, quindi, si sostiene l'uso dell'autovettura privata che impone alti costi per la collettività. Una distribuzione spaziale compatta delle attività, invece, può essere caratterizzata da una maggiore quantità di trasporto non individuale [15].

Uno sviluppo efficiente dei trasporti dovrebbe sostenere l'uso di modalità di trasporto sostenibili (economicamente ed ambientalmente) e quindi offrire all'utente, che sceglie secondo il suo benessere individuale, forme di trasporto integrate tali da consentire il massimo uso dei trasporti collettivi. I pianificatori regionali più attenti alla sostenibilità devono pertanto tenere conto di ciò nel momento in cui elaborano i piani di sviluppo del territorio, piuttosto che costringere gli esperti di trasporto a tentare di risolvere i problemi della mobilità (con scarsi risultati) in una complessa e spesso dispersa organizzazione delle attività sul territorio.

I rischi di una gestione inefficiente del territorio sono collegati principalmente agli effetti della dispersione incontrollata delle generazioni ed attrazioni degli spostamenti (cioè luoghi in cui le persone vivono, lavorano, effettuano scambi commerciali e ricreativi) su una superficie molto estesa. In questa situazione gli spostamenti richiedono maggiori percorrenze, con la possibile eccezione di alcuni sistemi a chiamata [66]. La dispersione di origini e destinazioni determina un trasporto pubblico poco concorrenziale rispetto a quello individuale e privato, essendo le aziende di trasporto condizionate da problemi di redditività. Infatti, una urbanizzazione più densa determina flussi concentrati che normalmente migliorano i costi unitari per chilometro percorso ed il rapporto con la domanda servita (passeggeri-chilometro per chilometro di linea).

Naturalmente, i modelli di sviluppo non sono l'unico elemento da prendere in considerazione: ad esempio, è ben noto che il livello di utilizzo del trasporto pubblico è anche legato alla qualità del servizio e alla facilità di accesso, considerando come fattori non trascurabili la disponibilità di strutture adeguate (ad esempio percorsi pedonali e ciclabili, *park-and-ride*, *bike-and-ride*, ecc...), oltre alla vicinanza delle fermate ai recapiti sul territorio. Il livello di uso dell'auto privata dipende infatti dall'esistenza di adeguate alternative e non semplicemente da una questione di reddito. Tuttavia, quando il territorio presenta

Researchers and practitioners have spent well over a decade debating the need for a change in the way of planning for transport in order to enhance sustainability - either in the passenger [26] or in the freight transportation [18, 35]. According to BANISTER [3], the discussion started in the 1960s, when transport planners developed a strong scientific method for solving urban transport problems, using the classic deductive approach (data collection, definition of goals and objectives, forecast of future demands). This approach treats land use as a given, with no suggestion that transport planners could model land use change in order to minimize transport external costs. However, viewed from a sustainability perspective, this approach may be rather risky: low attention on spatial planning makes hard to provide a high-quality transit supply, thus often inducing an overbalanced traffic modal split towards car, raising hereby transport costs for the community [57]. A compact spatial distribution of activities, on the other side, may be characterized by larger shares of non-individual travels as the main forms [15].

Transportation-efficient development should support the use of low-impact transportation modes. In other words, forms of transportation should be developed that allow for great shares of traffic demand to be served outside of the scheme: "I need to drive my car alone" for legitimate purposes. The aware regional planners should take this into account in the very moment of the plan development rather than forcing transportation engineers to manage complicate transportation issues lately.

The risks of an inefficient land management are mainly connected to the effects of the uncontrolled dispersion of the main generation/attraction points (i.e. places where people live, work, shop and play) over a larger total area. As usual, transfers require here a higher amount of kilometers travelled for the passengers, with the possible exception of some demand-responsive architectures [66]. In such environment, transit normally represents a weak concurrency for car, being affected from profitability issues for operators, because of the dispersion of origins and destinations. In fact the higher ridership generated by denser developments normally improves the cost-efficiency (cost per vehicle kilometer) and effectiveness (passenger-kilometer per line kilometer) of transit.

Of course, development patterns are not the only factor to be taken here into account: it is for example quite well-known that the level of transit use is also related to the quality of the transit service and the ease of access, considering the presence of adequate facilities (i.e. walking environment, park-and-ride, bike-and-ride, and so on) besides the proximity of transit stops. This makes the level of car use dependent from the existence of adequate alternatives and not simply a matter of wealth. However, as territory becomes more dispersed and lower in density towards the edges, the level of compulsory car use rises markedly, regardless of income level [56].

If car becomes virtually the only way to make most trips, this may affect travel times: the greater dispersion of activities makes it necessary to spend more time travelling than in more compact, mixed-use areas, where trips are shorter and

recapiti dispersi e livelli più bassi di densità, il percentuale di uso dell'auto aumenta notevolmente, indipendentemente dal livello di reddito [56].

Se l'auto privata diventa l'unico modo per compiere la maggior parte degli spostamenti, le conseguenze ricadono anche sui tempi, per effetto delle maggiori percorrenze necessarie e della saturazione della rete. Si hanno inoltre effetti negativi nel campo delle esternalità (sia ambientali sia economiche per le famiglie). Tra esse, si ricordano l'inquinamento atmosferico ed acustico, il rumore, i costi per il parcheggio e per gli incidenti che non sono pagati direttamente dall'utente.

Inoltre, è ben noto che il valore complessivo della domanda di trasporto può essere influenzato da fattori economici. Le percorrenze medie degli spostamenti degli italiani (misurate nelle ricerche AUDIMOB/2011 dell'ISTAT) (fig. 1) evidenziano bene gli effetti della crisi economica sulla mobilità. Alcuni indicatori della mobilità italiana hanno raggiunto i valori più bassi dal 2000 (anno di avvio delle ricerche AUDIMOB). Appare evidente dai dati raccolti la spirale negativa: meno sviluppo, meno benessere, meno opportunità di godere del tempo libero, e, ovviamente, meno domanda di trasporto [46].

Al di fuori delle considerazioni di ordine economico, che pure potrebbero ridurre significativamente la domanda di trasporto, garantire e promuovere un comportamento di viaggio efficiente può essere la prima soluzione per molti dei problemi discussi in questa sezione. Ciò può anche includere una gestione più efficiente delle sedi stradali attualmente disponibili, che possono di conseguenza ridurre gli investimenti di capitale necessari per espandere o mantenere la mobilità o l'inutile consumo di suolo. Inoltre, ciò riduce i costi esterni trasportistici, garantendo un beneficio per la comunità [41].

2. Uso del suolo e organizzazione dei trasporti

In letteratura è presente da tempo un approfondito confronto sulle relazioni tra uso del suolo, forma urbana, socio-economia ed organizzazione dei trasporti [22, 23, 40, 42, 74, 55, 29]. Il confronto ha in particolare riguardato le relazioni tra la scelta localizzativa delle residenze e dei luoghi di lavoro [8]. La pianificazione dei trasporti mira normalmente a ridurre le distanze medie percorse, i volumi di traffico, il consumo di energia e le emissioni dei trasporti [3], ed a spostare quote di domanda verso modi di trasporto più sostenibili [58].

Un altro argomento esaminato in diversi studi è la relazione tra scelta modale nei trasporti e forme di urbanizzazione. Tra gli altri, CERVERO [20] ha os-

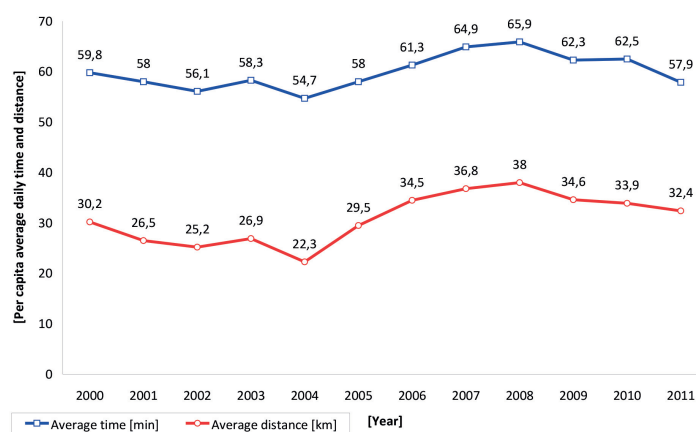
can serve multiple purposes. Furthermore, travelling mainly by car generates congestion and higher social costs: in addition to time waste, they may include air and water pollution, noise, and the costs of parking and accidents that are not directly paid from transportation users.

It is furthermore very-well known that the overall value of travel demand can be influenced from economic factors. Italians' per capita average daily travel time and distance stand very well for that (fig. 1): 2011 final data, besides giving a confirmation to the current negative economic dynamics, emphasize the downward trend any further. Some indicators for Italian mobility are in fact scoring their lowest values since they have been surveyed (year 2000), while others seem to draw a dangerous downward spiral: less development, less welfare, less opportunities of enjoying free time, and, obviously, less travel demand [46].

Outside economic arguments, which may reportedly reduce travel demand significantly, making an efficient travel behavior possible and promoting it strongly may be the first solution for the most of the issues considered in this section. This may also include a more efficient management of available roadway space, which can thereby reduce capital investments needed to expand or maintain mobility and futile land consumption. Besides, it normally reduces transportation external costs resulting in benefits for the community [41].

2. Land Use and Transport

There has been an in-depth debate in the literature about the relationships between land use, urban form, socio-economy and transport [22, 23, 40, 42, 74, 55, 29]. There is certainly a continuous and dynamic process going on, as the location of people is influenced with the one of their jobs [8]. Land use planning normally aims at reducing average



(Fonte - Source: [46]).

Fig. 1 - Tempi e distanze medie di percorrenza giornaliera degli Italiani.
Fig. 1 - Italians' per capita average daily travel time and distance.

servato che l'enorme uso dell'automobile e l'urbanizzazione dispersa sono stati il simbolo della crescita metropolitana negli Stati Uniti per molti anni. Nei primi stadi di sviluppo suburbano, in molti casi, le velocità sono piuttosto elevate, a causa dei bassi livelli di mobilità. La crescita dei flussi di traffico segue l'ampliarsi delle aree suburbane con effetti sulla riduzione delle velocità medie. Nascono di conseguenza anche problemi di equità sociale: infatti alla rapida sub-urbanizzazione nel XX secolo è seguita la crescente concentrazione della povertà nei quartieri periferici meno sviluppati [27].

Anche se non esiste una comune definizione di "sostenibilità" accettata dall'intera comunità scientifica, "sviluppo sostenibile" o "trasporto sostenibile" sono termini ormai consolidati [73]. E' generalmente accettato che lo sviluppo sostenibile (e, più specificamente, il trasporto sostenibile) implichi la ricerca di un giusto equilibrio tra qualità ambientali, sociali ed economiche (attuali e future) [67, 51, 78, 52].

I miglioramenti nella qualità della vita collettiva, basati su un trasporto sostenibile, possono tuttavia entrare in conflitto con gli interessi individuali di breve termine, specialmente quando le persone devono adattare i loro stili di vita, riducendo i benefici a breve termine, al fine di raggiungere gli obiettivi di sostenibilità. Per questo motivo, i problemi causati dal traffico e dal trasporto possono essere considerati un esempio di un dilemma sociale [72].

Lo sviluppo del territorio compatto raggiunge alcuni di questi obiettivi attraverso la maggiore densità e la conseguente disponibilità di diversi modi di trasporto efficienti, da confrontare con i costi più bassi di insediamento nelle aree disperse. In termini di trasporto, la differenza fondamentale tra queste forme di uso del territorio è che il trasporto pubblico nelle aree compatte può essere organizzato e gestito in modo tale da essere una valida alternativa all'auto privata. Viceversa, è abbastanza difficile fornire un servizio di trasporto efficiente nelle aree a densità più bassa, nelle quali i residenti sono più propensi (o costretti) a dipendere dall'autovettura [61].

La natura dei miglioramenti da apportare dipende principalmente dal contesto e dalle specifiche esigenze di ciascuna area, nonché dalle motivazioni individuali che condizionano gli utenti dell'autovettura.

In alcune circostanze, migliorare l'accessibilità può essere sufficiente, ma in altri casi, in cui gli utenti sono più emotivamente attaccati al proprio mezzo, è necessario garantire altri aspetti di qualità percepita [60, 31]. Alcuni segmenti di una determinata zona (ad esempio, i viaggiatori che hanno accesso ad un'autovettura, ma scelgono di utilizzare i trasporti pubblici), possono essere più sensibili alle caratteristiche percepite del servizio di trasporto (minore affollamento, maggiore sicurezza, stazioni più decorose e migliore informazione all'utente) o anche alla componente di prestazione del trasporto (alta velocità, frequenza e affidabilità).

Gli obiettivi di sostenibilità del trasporto sono tuttavia raramente raggiunti con risposte rapide. Essi richiedono

journey distances, traffic volumes, energy consumption and transport emissions [3], and at shifting demand shares through less pollutant transport modes [58].

Also the relation between transport modal choice and urbanization has already been investigated in several studies: for instance, CERVERO [20] has observed that huge car use and scattered suburbanization have been the symbol of metropolitan growth in the United States for many years. At early stages of suburban development, in many cases speeds are quite high, due to the low traffic levels. As traffic starts substantially to increase, suburban infill follows. This may cause a reduction of average speed due to increased traffic volumes, as well as equity problems: one consequence of rapid suburbanization in the twentieth century has been the growing concentration of poverty in left-behind neighborhoods [27].

Although no common accepted definition of "sustainability", "sustainable development" or "sustainable transport" is available [73], it is generally accepted that sustainable development (and more specifically, sustainable transport) implies finding a proper balance between (current and future) environmental, social and economic qualities (e.g., [67, 51, 78, 52]).

Improvements in collective qualities of life, as aimed in sustainable transport, may however conflict with individual short-term interests, especially when persons must adapt their lifestyles, in fact reducing their short-term benefits, in order to reach the sustainability goals. For this reason, the problems caused by traffic and transport may be defined as an example of a social dilemma [72].

The compact land development achieves some of these aims through higher densities and the consequent usual availability of different efficient transport modes, to be compared with the lower settlement costs of its counterpart, i.e. dispersed development or sprawl. In terms of transportation, the crucial difference between these land forms is that public transport in compact developments can be organized and managed in such a way as to be an effective alternative to car, whilst it is quite tough to provide an efficient transit service in lower densities, which are hence more likely to depend on the car [61].

The nature of the improvements to be made depends chiefly on the context and particularities of each targeted sample and individual motivations for using private motor vehicles.

In some circumstances, improving accessibility may be enough, but in other circumstances, where users are more emotionally attached to their private motor vehicles, other perceived quality aspects may need to be provided [60, 31]. Some segments (e.g., travelers who have access to a car but choose to use public transport) in a specific area may be more sensitive to perceived attributes of transit service (less crowding, improved security, nicer stations and better user information, marketing and promotion) relative to physical attributes (higher speed, frequency and reliability).

Questions of sustainability are however rarely solved with hard and fast answers, and more research and information are desirable [70].

invece specifici approfondimenti e ricerche mirate [70]. Le autovetture ed i camion hanno rappresentato infatti il mezzo di trasporto vincente ed hanno fortemente influenzato l'economia, i modelli di sviluppo e la stessa cultura popolare non solamente nelle aree disperse: una quantità enorme di spostamenti è attualmente realizzata con l'auto privata e, nel settore merci, i camion rappresentano una quota significativa delle spedizioni totali. Un sistema di trasporto così organizzato determina elevati benefici, ma genera anche elevati costi. Da un lato, il trasporto stradale privato (sia passeggeri sia merci) determina (a volte più soggettivamente che oggettivamente) la sensazione di una notevole libertà di movimento, ad eccezione di fenomeni di congestione su alcune direttrici in alcune ore del giorno o in determinati giorni dell'anno. D'altra parte, i costi di possesso e di gestione dei veicoli privati sono decisamente alti, e spesso non sono correttamente valutati dai proprietari [15]. Queste considerazioni assumono poi maggiore rilevanza se, oltre ai costi economici diretti, si tengono in considerazione esternalità come l'inquinamento atmosferico, il rumore o la sicurezza. Tuttavia la quota modale del trasporto pubblico tende a decrescere e presenta segnali positivi solo nelle aree urbane concentrate ed a fronte di investimenti infrastrutturali consistenti.

Anche se il dibattito sul tema "auto nelle aree disperse e trasporti pubblici in città" potrebbe essere accademicamente interessante, la realtà è ovviamente molto più complessa. Non si tratta infatti solo di qualità o disponibilità di adeguata offerta di trasporto pubblico, ma la questione riguarda almeno tre altre variabili: la dimensione della popolazione, la densità e lo sviluppo territoriali, tutti e tre argomenti centrali della pianificazione territoriale.

2.1. Dimensione della popolazione

La dimensione della popolazione di norma influisce sui servizi disponibili, così come sulla lunghezza media degli spostamenti, sul tempo di viaggio e sulla qualità del trasporto pubblico. Diseconomie di scala si possono verificare con insediamenti più estesi quando il tempo di trasporto aumenta oltre un certo limite; servizi aggiuntivi, anche se presenti, diventano non facilmente disponibili.

Le aree urbane centrali e le città ad alta densità presentano generalmente distanze più contenute e di conseguenza i consumi energetici sono più modesti [3], fino a quando non si verificano diseconomie di scala. Tuttavia ricerche svolte negli USA evidenziavano alcune contraddizioni, in particolare se si considerano differenti forme urbane. Le dieci più grandi aree urbane degli Stati Uniti, per esempio, non mostrano alcuna relazione facilmente identificabile tra dimensione della popolazione urbana e scelta modale [37]. Un altro elemento da approfondire è la crescita dei viaggi di lunga distanza, resi possibili dal recente miglioramento dell'efficienza del sistema dei trasporti. Ciò evidenzia come le strategie sostenibili per il trasporto debbano essere sempre collocate all'interno del contesto territoriale più esteso.

Not only in the dispersed development areas cars and trucks have in fact been the dominant means of surface transportation of our times, and have heavily influenced the economy, development patterns and popular culture: a huge amount of passenger trips is currently made by car, and trucks account for a significant share of overall shipments. Both the benefits and the costs of a transportation system organized in such ways are high: considerable freedom of movement and high elasticity are allowed from one side, barring congestion on some links at some times of day or in certain days. On the other hand, the costs of owning and managing private vehicles are considerable high, and frequently not correctly accounted for from the car owners [15]. Furthermore, externalities such as air pollution, noise, time lost in congestion and carbon production add to these costs, and transit shares tend to decline and expand only slightly in particular patterns, where the demand is significant and capital investment are concentrated.

Although the polarization of the debate "car in sprawl and transit in city" might be academically interesting, the reality is obviously far more complex. This is not only an issue of transit quality or availability, but the question regards at least three variables: namely population size, territorial density, and territorial development - all of which are under the control (to a greater or lesser extent) of territorial planners.

2.1. Population size

Population size normally affects the series of services that are available, as well as the average length of trips, the time spent on board and the quality of public transport provided. Diseconomies of scale may occur with the larger settlements when time spent on board increases over a certain limit, and additional services, even if present, become not easily available for the inhabitants.

The urban central areas and high density cities are generally associated with lower travel distance and transport energy consumption [3], until diseconomies of scale do not occur. The evidence is here however mixed, particularly when considering differing urban forms: the ten largest urban areas in the United States, for example, show no easily identifiable relationship between urban population size and modal choice [37]. A further piece in this puzzle is the growth in long-distance journeys, particularly for commuting, made recently possible from improvements in transport system efficiency. Such evidence again suggests that sustainable transport strategies ought to be placed within the wider regional context, to be based on journey to work and city-region areas, and to be closely developed and integrated with the wider growth agenda.

2.2. Territorial density

Territorial density is measured in terms of population, residential and employment density [3].

2.2. Densità territoriale

La densità territoriale è misurata in termini di densità di popolazione, di residenti e di numero di impiegati nell'area [3].

In genere, si ritiene che una densità di popolazione maggiore dovrebbe consentire di ampliare la gamma di opportunità, relazioni e contatti a livello locale e che quindi gli spostamenti possano avvenire più facilmente senza l'utilizzo di viaggi motorizzati [69]. Nelle aree più dense, è più facile organizzare un trasporto più efficiente, con margini di redditività più elevati per gli operatori, a causa della possibilità di acquisire maggiori quote di domanda [28]. In tali aree, la dipendenza dall'automobile è generalmente inferiore e vi è una maggiore opportunità di uso di percorsi a piedi o in bici [24]. In virtù di questi effetti positivi, le amministrazioni dovrebbero mirare al raggiungimento di un livello minimo di densità territoriale per mettersi nelle condizioni di promuovere forme di trasporto sostenibile.

Gli studi sulla relazione tra densità urbana e spostamenti in auto offrono risultati non del tutto concordi. In Europa, alla scala metropolitana, i collegamenti tra la densità residenziale e gli spostamenti sono molto netti. Per le città di piccole dimensioni, al diminuire della densità, i legami diventano più deboli. Questo indebolimento è stato collegato al processo di decentramento [34]. Al contrario, le ricerche svolte negli Stati Uniti non individuano alcuna chiara relazione tra la percentuale di spostamenti in auto per i viaggi di lavoro e la densità di popolazione [37]: il lavoro effettuato a casa può ridurre i tempi di percorrenza, e il decentramento dal centro città può ridurre la congestione. Questa valutazione può essere spiegata con la definizione di densità di popolazione in termini di posti di lavoro piuttosto che unità residenziali. Il dibattito recente include considerazioni relative al *New Urbanism* [12], dove la preoccupazione non è più la densità, ma la qualità dell'ambiente urbano nel suo complesso. Nell'ambito di uno spazio urbano più ampio, la densità sembra giocare un ruolo importante, ma questa relazione è più forte se combinata con altri fattori, come gli usi misti delle aree, la presenza di luoghi sicuri e protetti, il mantenimento di spazi aperti e verdi collettivi e la qualità complessiva del sistema urbano.

2.3. Posizione, accessibilità e progettazione di un quartiere

La vicinanza alle reti di trasporto - strade, trasporti pubblici, percorsi pedonali e ciclabili - influenza i modelli di spostamento e di conseguenza i consumi energetici connessi ai trasporti. Un migliore accesso alle principali reti di trasporto pubblico collettivo e una forte qualità percepita inducono le persone ad utilizzare i mezzi pubblici invece dell'auto. Di recente, nuove tecniche di valutazione sono state sviluppate in funzione della qualità dei tra-

The argument here is that higher population densities should widen the range of opportunities for the development of local contact networks, and that activities should be undertaken without using motorized travel, as denser, less traffic-dominated neighborhoods should be more integrated and offer more opportunity [69]. As well, efficient transit organization is easier to achieve in such premises, as profitability margin for the operators are normally higher, due to the possibility of picking up significant demand shares. Furthermore, higher population densities normally wide the quantity of local services and facilities that are provided, and this can as well reduce the need to travel long distances [28]. In such territorial forms and in favorable orographic structures, car dependency is generally lower, and there is a greater opportunity to cycle and walk [24]. Mainly because of these effects, administrations stream at reaching a certain territorial density to promote sustainable transportation.

Evidence about the relations between urban density and car trips is rather mixed: in Europe, at the metropolitan scale, the links between residential density and travel are very distinct. For small-scale cities, as size and density decreases, the links become weaker. This weakening relationship has been linked to the decentralization process [34]. On the contrary, evidence from the United States suggests that there is no clear relationship between the proportion of car trips for work journeys and population density [37]: home office can decrease journey times, and decentralization can reduce city center congestion. This view may be explained by the definition of population density in terms of workplace positions rather than the conventional residential location. The recent debate includes considerations of the new urbanism [12], where the concern is not over density alone, but over the quality and design of the urban environment as a whole. Within the wider urban environment, density seems to play an important role, but this is enhanced when combined with other factors, such as mixed uses, safe and secure places, community, open space, green space and quality of development.

2.3. Location, accessibility and neighborhood design

The proximity to transport networks - road, public transport and walking and cycling - also influences travel patterns and transport energy consumption. Better access to major transport and transit networks, and a certain quality perceived induce people to use public transport instead of car. Innovative evaluation techniques have been recently developed, based on Transport Quality of Life, in which the passenger is the central figure in the transport evaluation process [19].

For these reasons, major transport networks have a powerful influence on the impacts of development dispersal. The problem is related to transit quality, for whose determination the combined use of subjective and objective measures is recommended [30]. This is not only a problem of efficiency and quality, as distance from home/office to the nearest transit stop does affect the modal share.

sporti, in cui il passeggero è la figura centrale nel processo di valutazione delle prestazioni del trasporto [19].

Per queste ragioni, l'organizzazione delle reti di trasporto, le relazioni con il territorio e la posizione delle fermate del trasporto pubblico, influenzano i fenomeni di dispersione delle attività. Il problema è legato alla qualità complessiva percepita del trasporto, per la cui determinazione si raccomanda l'uso combinato di misure soggettive e oggettive [30]. Non è solo un problema di efficienza e di qualità, poiché la distanza tra casa o ufficio e la fermata più vicina incide sulla ripartizione modale.

Il bilancio tra lavoro ed abitazione e la combinazione di usi del suolo sono considerati variabili importanti per influenzare la scelta modale. Questa è comunemente misurata attraverso l'*Indice del rapporto di lavoro* (rapporto tra posti di lavoro nella zona e residenti in quella zona), il quale peraltro esprime una relazione non sempre vera in termini generali: anche se ci fosse un equilibrio tra lavoratori residenti e posti di lavoro, non ci sono garanzie che i lavoratori locali avranno posti di lavoro locali. Considerando questo presupposto, una comunità è considerata equilibrata quando presenta nella medesima area (quartiere, zona urbana) un rapporto equilibrato tra posti di lavoro ed unità residenziali, all'interno di un *range* compreso tra 1,2 e 2,8 [68].

Più in generale, forme di sviluppo eterogeneo dovrebbero contribuire a rafforzare i quartieri più densi attraverso la presenza di un maggior numero di servizi e strutture. Ancora una volta, la loro disponibilità non implica necessariamente l'uso. La questione, peraltro, è importante in termini di equità, soprattutto per chi non ha la disponibilità di un'auto privata, potendo consentire un più immediato impiego in aree vicine alle residenze. Indagini svolte negli Stati Uniti evidenziano tuttavia solo deboli legami tra posti di lavoro disponibili e spostamenti effettuati [34]. Ovviamente, sarebbe compito del decisore politico promuovere un equilibrio tra abitazioni e posti di lavoro in modo per ottenere una maggior quantità di spostamenti a piedi e in bicicletta.

Il bilancio tra lavoro ed abitazione è stato studiato anche in Francia [1], dove sono stati esaminati i modelli di pendolarismo in sette città (tabella 1).

The jobs-housing balance and the mixing of land uses are also perceived to influence modal choice. This is commonly measured through the index job ratio (i.e. the ratio of jobs in the area to workers resident in that area). This argument cannot be here however stated in general terms: even if there were a balance between workers and jobs, there were no guarantee that local workers will take local jobs. Taking count of this assumption, a balanced community is viewed as having a ratio of jobs to housing units within the range of 1.2 to 2.8 [68].

More generally, heterogeneous developments should help reinforce denser neighborhoods through the provision of a greater number of services and facilities, but again, availability does not necessarily imply use. In terms of fairness this issue is important, as it may be those without access to a car who make most use of local jobs and facilities. Evidence from the United States finds only weak links between job ratio and travel [34]: policy could balance housing and jobs so to promote walking and cycling.

Jobs-housing balance has been studied in France [1], where commuting patterns in seven cities were examined (table 1).

Some of these cities seemed to have large suburban subcenters close to the center, whilst others had outlying subcenters along the main transport axes. They classified cities as centralized according to whether more than 60% of jobs are located in the centre (Marseilles, St Etienne and Dijon), or decentralized according to whether they had only 40% of jobs in the centre (Paris, Lyon, Bordeaux and Grenoble). The changes over time (1990-99) point towards a substantial increase in the distance between homes and workplaces for both types of subcenters.

According to BURCHELL et al. [11], three main factors contribute about equally to the growth in vehicle kilometer travelled: changing demographics; growing dependence on the car; and longer travel distances. Thus, sprawl, which creates the longer travel distances and increased dependence on the car, is a major source of intensified vehicle use. Analyzing a good number of dispersed territories, GORDON and RICHARDSON [39] have countered that travel times have not substantially increased, despite longer distances; as with both jobs and housing located in the suburbs speeds have increased. The use of cars instead of much less efficient

TABELLA 1 – TABLE 1

DISTANZA MEDIA (IN KM) A SECONDA DEL LUOGO DI RESIDENZA. IL CASO FRANCESE
AVERAGE DISTANCE IN KM DEPENDING ON THE PLACE OF RESIDENCE - THE FRENCH CASE

	Paris	Lyon	Marseille	Bordeaux	Grenoble	Dijon	St. Etienne
Center	9,9	7,0	12,7	6,5	5,0	5,4	6,7
Suburban subcenters	9,9	8,3	12,0	8,3	6,9	5,9	5,8
Peripheric subcenters	15,2	12,5	12,7	-	14,9	12,2	-
Rest of the urban area	20,2	18,8	16,5	15,6	12,3	13,9	8,7
All the urban area	13,5	9,4	13,3	9,6	7,8	7,6	6,7

(Fonte - Source: [1]).

Alcune di queste città sembrano avere grandi aree suburbane vicino al centro, mentre altre sembrano avere grandi aree suburbane lungo i principali assi di trasporto. Nella ricerca, le città sono state classificate come *centralizzate* se più del 60% dei posti di lavoro si trova nel centro (Marsiglia, St Etienne e Digione), o *decentralizzate* se presentano solo il 40% dei posti di lavoro nel centro (Parigi, Lione, Bordeaux e Grenoble). I cambiamenti nel tempo (1990-1999) analizzati evidenziano un sostanziale aumento delle distanze percorse tra abitazioni e luoghi di lavoro per entrambi i tipi di aree suburbane.

Secondo BURCHELL et al. [11], tre fattori principali contribuiscono alla crescita delle percorrenze: i cambiamenti demografici, la crescente dipendenza dell'automobile e le maggiori distanze tra i recapiti sul territorio. Di conseguenza si ritiene che la dispersione territoriale (o *sprawl*), la quale impone maggiori distanze di viaggio e una maggiore dipendenza dall'automobile, sia una delle principali cause di utilizzo dell'auto privata. Analizzando un buon numero di territori dispersi, GORDON e RICHARDSON [39] hanno replicato che i tempi di viaggio non sono notevolmente aumentati nonostante le distanze più lunghe, in quanto ad aumentare sono state anche le velocità medie di percorrenza. L'uso delle automobili, al posto di un trasporto pubblico (o percorsi pedonali) molto meno efficiente, è considerato da questo autore come un fattore vincente per ottenere minori tempi di viaggio per gli spostamenti nelle aree metropolitane tra periferie e recapiti urbani.

Inoltre, la percentuale dei viaggi in auto aumenta e quella di spostamenti non motorizzati diminuisce con l'aumentare della distanza dalla più vicina fermata del trasporto pubblico. Alcune ricerche mostrano come la percentuale di viaggi in treno diminuisca con l'aumentare della distanza dalla stazione ferroviaria: in California, quelli che vivono entro 150 m da una stazione ferroviaria in genere utilizzano il trasporto ferroviario per circa il 30% dei loro spostamenti [21], coloro che abitano a una distanza di circa 900 m e utilizzano il treno si riducono alla metà (15% di tutti gli spostamenti). Risultati simili sono disponibili da Surrey, Regno Unito [43]. In questo ambito di ricerca si possono citare anche i risultati di alcune delle nostre recenti ricerche [49] che mostrano come nella regione italiana del Veneto una distanza di 3 km sia generalmente accettata per l'utilizzo del sistema ferroviario regionale (oltre il 30% dei viaggi), a condizione che la stazione sia facilmente raggiungibile a piedi, attraverso piste ciclabili o servizi di autobus (in un tempo compreso entro i 10-15 minuti).

E' importante sottolineare che gli individui sono molto diversi in termini di caratteristiche personali e che conclusioni generali sono abbastanza difficili da elaborare. Alcune differenze (reddito, invalidità, talvolta il sesso) sono spesso trascurati. LIBARDO e NOCERA [12] hanno dimostrato che una delle principali cause di disagio dei passeggeri del trasporto pubblico può essere la mancanza di sicurezza percepita e che il sesso degli utenti potrebbe rivestire un ruolo determinante nella scelta modale.

transit (or walking) is also a factor in the faster average travel times for suburban trips.

As well, the proportion of car journeys increases and the proportion of non-motorized journeys decreases with increasing distance from the nearest transit stop. Some research shows how the proportion of rail journeys decreases with increasing distance from the railway station: in California, the ones living within 150 m of a railway station typically use rail for approximately 30% of all journeys [21], the ones at a distance of around 900 m are likely to reduce this figure of a half (15% of all journeys). Similar findings are available from Surrey, UK [43]. Some of our recent research [49] shows that in the Italian region of Veneto a 3 kilometer distance is generally accepted for using the regional railway system (over 30% of trips), provided that the station is easily accessible by foot, by bicycle lanes or by bus services (in 10-15 minutes).

It is important to underline that individuals are very different in terms of their personal characteristics, and that hence general conclusions are quite hard to be drawn on this matter. Some differences (income, disability, often gender), in particular, are often overlooked: LIBARDO and NOCERA [12] have shown that one of the main causes of discomfort from the transit passengers may be the lack of perceived security, and that the gender of customers may play a huge role in this.

Parking provision also affects local accessibility. In the short term, parking policies have a direct impact on modal choice, whilst in the longer term location policies have a continuing effect on transport demand, in terms of the numbers of trips, mode choice and trip lengths. Car parking is also enormously important to some local authorities, as it is a major source of revenue and contributes to determining the gravitational attractiveness of a given center in terms of modal share. There does not seem to have been a definitive study that demonstrates whether or not a strong parking policy, applied over a period of time with appropriate accompanying measures (e.g. on public transport priority), enhances the economy and environment of the town centre or reduces it. There are arguments in both directions [3].

In addition to traditional packages of measures in the transport sector (e.g., pedestrian and cycling priorities, traffic management and demand management, public transport priority and park-and-ride), there is a range of alternatives to promote sustainable development through complementary actions (i.e., travel awareness campaigns). These measures seem also to be influent on passenger modal choice.

In some European environments, transport policy has traditionally heavily fostered car-based commuting without much consideration of the needs of other members of society. Supporting greater use of public transport requires an efficient supply: both the distances from trip origin and destination must be within walking distance. Alternatively, high quality cycle-and-ride or park-and-ride facilities should be made available, and the quality of the service provided must also be above a certain standard. Furthermore, the

La collocazione del sistema dei parcheggi influenza ovviamente l'accessibilità locale. Nel breve periodo, le politiche di parcheggio hanno un impatto diretto sulla scelta modale, mentre nelle politiche di localizzazione di più lungo termine hanno un effetto permanente sulla domanda di trasporto, in termini di numero di spostamenti in auto privata, scelta modale e lunghezze degli spostamenti. Si deve anche tenere presente che i parcheggi rappresentano una importante attività economica per le autorità locali, in quanto è una delle principali fonti di entrata e contribuisce a determinare l'attrattiva gravitazionale di una data area. In letteratura, non si riscontrano studi definitivi sugli effetti delle politiche della sosta sul miglioramento delle attività economiche, di una maggiore integrazione modale e della sostenibilità ambientale [3].

Oltre alle tradizionali misure nel settore dei trasporti (priorità pedonali e ciclabili, gestione del traffico e gestione della domanda, priorità ai trasporti pubblici e *park-and-ride*), vi è una gamma di possibilità per promuovere lo sviluppo sostenibile attraverso altre azioni come, ad esempio, le campagne di sensibilizzazione degli utenti alla qualità dell'offerta di trasporto pubblico. Queste misure sembrano essere influenti sulla scelta modale dei passeggeri.

In alcuni paesi europei, la politica dei trasporti ha tradizionalmente favorito il pendolarismo basato sull'auto senza molta considerazione delle esigenze di altre componenti della società. Sostenere l'uso dei trasporti pubblici richiede un'offerta di trasporto efficiente ed in particolare le origini e destinazioni finali degli spostamenti devono essere raggiungibili a piedi o con sistemi integrati ad alto livello di coordinamento ed efficienza. Dovrebbe essere resa disponibile un'alta qualità di servizio per il *bike-and-ride* o il *park-and-ride*. Inoltre, il tema di equità sociale è generalmente trascurato all'interno della pianificazione dei trasporti basata sulle analisi costi-benefici, concentrando la maggior parte degli investimenti verso piccole parti del territorio. Questa logica permette ai progettisti e agli *stakeholders* di prendere decisioni efficaci in termini economici, ma favorisce la dispersione territoriale, in quanto solo una piccola parte della popolazione può permettersi di stabilire la propria residenza nei luoghi più costosi ed è quindi costretta a lunghi tragitti dalla periferia ai luoghi di studio e lavoro.

Un'ulteriore questione da affrontare riguarda alcuni punti di vista differenti tra i progettisti del sistema e gli utenti: i primi puntano a delineare un'offerta di trasporto su percorsi diretti ed integrati con il trasporto pubblico, gli utenti preferiscono percorsi che li avvicinino alle destinazioni e disponibilità di parcheggio. Ci sono poi differenze di scala e velocità: i percorsi a piedi e in bicicletta devono essere sicuri e di qualità, se possibile, con la separazione dalle automobili e con il supporto chiaro di informazione all'utente [54].

Le considerazioni sopra esposte chiariscono come vi sia la necessità di un reale cambiamento nel modo in cui

theme of equity is generally disregarded within cost-benefit-analysis based transportation planning, conveying the most of the investments towards small parts of territory. This logic allows planners and stakeholders to take efficient decisions in economic terms, but fosters territorial dispersion, as only a small part of the population can afford to settle in the most expensive locations, and is hence forced to move towards the suburbs.

There needs to be a reconciliation between the desires of planners for short, direct routes, including access to public transport, and those of the car drivers, which call for short direct routes and parking availability. The difference is about scale and speed: walking and cycling should be enhanced by building quality patterns and providing safety, if possible with separation from cars. Good quality of bike and pedestrian patterns generally requires separation from cars, in which issues like legibility and signposting must not be disregarded [54].

There is a need for a real shift in the way streets and urban spaces are imagined and designed: If it is looked at sustainability, walking, cycling and public transport should become the prime focus of design efforts, with the needs of the car considered of less importance. There is much useful experience to draw on here, particularly from pioneering countries such as Germany and the Netherlands: particularly, the Dutch "Woonerf" (fig. 2) - a "residential road space" in which pedestrians and cyclists have legal priority over motorists - has dramatically reduced road deaths and collisions in areas that they have been implemented.

If adequately supported from dissemination activities, previous experiments and case study can offer policymakers very useful lessons and good practice models, as they can launch studies for benchmarking for their solution. The comparison of the latter with best practice cases allows to analyze its impacts, examining in particular the overall contribution of the same kind of scheme to different cases.

3. Policy for controlling social consequences of travel choices

It is very well-known that several environmental problems can be caused by the increase in distance travelled and auto trips. To the extent that land development patterns may be associated with these increases, they are candidates for policy interventions.

First, air pollution and carbon production remain public health concerns despite recent huge technological advances in reducing specific vehicle emissions. In Italy, the most metropolitan areas systematically overcome law limits for air pollution [33], and measurements outside these areas is often not satisfactory. In addition, health consequences of air toxics and fine particulates were late to be recognized from policy and are just now concretely beginning to be dealt with. Also, NO_x emissions are growing, and they have an adverse effect on water quality as well as air quality [76, 77].

le strade e gli spazi urbani sono immaginati e progettati. Il cambiamento di approccio deve riguardare le priorità da attribuire ai diversi utenti della città nell'espletamento del loro diritto alla mobilità. Mobilità lenta e mobilità veloce, trasporto privato e trasporto collettivo pongono esigenze molto diverse. Tra queste finora ha avuto il sopravvento la mobilità motorizzata (veloce almeno in via di principio, a meno delle condizioni diffuse di congestione). Un esempio ormai divenuto un classico della letteratura urbana è rappresentato dai *woonerf* olandesi (fig. 2), in cui i pedoni e i ciclisti hanno la precedenza legale sugli automobilisti. Le esperienze testimoniano una forte riduzione dell'incidentalità e del numero di morti e feriti in campo urbano.

I precedenti esperimenti ed i casi di studio, se adeguatamente supportati da attività di diffusione, sono un importante elemento per offrire ai responsabili politici insegnamenti utili e modelli di buone pratiche. Il confronto con le migliori pratiche permette, infatti, di analizzare l'impatto di ogni azione, esaminando in particolare il contributo complessivo dello stesso tipo di interventi in casi diversi.

3. Politiche per il controllo delle conseguenze sociali della scelta modale

E' noto che numerosi problemi ambientali possono essere causati dall'aumento delle distanze percorse e dagli spostamenti in autovettura. Occorre quindi un attento controllo sui modelli di sviluppo del territorio per evitare che si manifestino tali effetti negativi della mobilità.

In primo luogo, l'inquinamento atmosferico e la produzione di carbonio rimangono un tema preoccupante per la salute pubblica, nonostante i recenti progressi tecnologici nel ridurre le emissioni specifiche dei veicoli. In Italia, le aree metropolitane più rilevanti superano sistematicamente i limiti di legge per l'inquinamento dell'aria [33], ma spesso neanche le misure al di fuori di queste aree sono soddisfacenti. Inoltre, le conseguenze sulla salute delle altre sostanze tossiche dell'aria e delle polveri sottili hanno tardato ad essere riconosciute e solo da pochi anni si comincia concretamente ad affrontare questo ulteriore problema ambientale [76, 77].

Le emissioni non sono una semplice funzione della distanza percorsa e della velocità. Le fasi di *stop-and-go* risultano più inquinanti di un flusso a velocità costante e questo dovrebbe concentrare l'attenzione sul controllo della congestione [32]. Gli spostamenti ad alta velocità producono elevate emissioni dovute al carburante consumato durante le accelerazioni ad alta velocità, ma si dovrebbe tenere conto di questo aspetto anche nei viaggi a velocità costante. Le emissioni pesanti sono associate anche con basse temperature del motore "avviamento a freddo"; pertanto bisognerebbe evitare viaggi brevi che producono più emissioni specifiche rispetto a quelli più lunghi. KEAN et al. [47] hanno dimostrato che le stime delle emissioni attraverso modelli matematici possono indicare previsioni molto più contenute di quelle reali. Pertanto sono



(Fonte - Source: Europe's Parking U-Turn. Online su: bettercities.net)

Fig. 2 - Un *Woonerf* con parcheggi perpendicolari alla carreggiata, pensati per limitare la velocità lungo la strada.

Fig. 2 - A *Woonerf* with perpendicular parking arranged to calm the street.

Emissions are not a simple function of distance travelled and speed, however. Stop-and-go traffic is known to be more polluting than steady flow traffic, and this should strive for the continue development of methods for controlling congestion [32]. As very high-speed travel also produces high emissions due to fuel "blow-by" during the high-speed accelerations, it should be also looked for steady speed travels. Being heavy emissions also associated with low engine temperatures "cold starts", short trips that produce more emissions than longer ones should also be avoided whether possible. KEAN et al. [47] have shown that emissions inventories and projections that rely on assumed driving cycles and trip patterns can greatly underestimate actual on-road emissions. More research on emissions by driving mode and fuel type is underway but, for now, some caution is warranted in interpreting emissions data based on traditional assumptions and methods [3].

Greenhouse gas emissions from transportation are also a function of fuel use. A growing body of evidence links carbon dioxide (CO₂) and other greenhouse gas emissions to major changes in global climate and to such consequences as the flooding of human settlements and natural habitats, changes in growing seasons and water supplies for agriculture, desertification, and the introduction of tropical disease vectors into temperate regions [45]. The contribution of the transportation system to greenhouse gas production, in particular the increasing output of CO₂, is a major concern internationally, in which policy may play a huge role. Furthermore, the problems of quantification [65, 63] and economical evaluation [62, 64] of carbon dioxide also seem to be open issues.

A final issue worth noting is diesel emissions from trucks and ships [36]. This may affect port localization within the territory. The health consequences of these emissions are severe, and strategies to reduce them are years away from full implementation. Clearly, the issue has an international dimension, but it does have some implications for land development on the regional scale: as ways to re-

necessarie nuove ricerche sul livello di emissioni in funzione dei comportamenti di guida e si deve usare cautela nell'uso dei modelli tradizionali di previsione [3].

Le emissioni di gas serra derivate dai trasporti sono una funzione dei combustibili utilizzati. Un numero crescente di studi evidenzia il legame tra la produzione di anidride carbonica (CO₂) e di altri gas a effetto serra con i possibili cambiamenti nel clima globale. Tali cambiamenti hanno conseguenze sull'intero ecosistema e possono influire sull'allagamento di insediamenti umani e degli habitat naturali, sul consumo di acqua per l'agricoltura, sulla desertificazione e la introduzione di malattie tropicali nelle regioni temperate [45]. Il contributo del sistema dei trasporti sulla produzione di gas serra, in particolare di CO₂, è quindi diventata una delle principali preoccupazioni a livello internazionale. La politica deve svolgere un ruolo determinante in tal senso. Inoltre, i problemi di quantificazione [63, 65] e di valutazione economica [62, 64] della CO₂ sembrano essere questioni ancora aperte.

Un ultimo problema degno di nota è rappresentato dalle emissioni dei motori diesel da camion e navi [36]. Questo aspetto può influenzare in modo significativo la localizzazione dei porti nel territorio. Le conseguenze per la salute di queste forme di trasporto sono rilevanti e le strategie di contenimento delle emissioni sono ancora lontane da una completa adozione. Chiaramente il problema ha una dimensione internazionale, ma ha anche alcune implicazioni per lo sviluppo del territorio su scala regionale in termini di progettazione efficiente delle localizzazioni e delle misure di salvaguardia.

Per queste ragioni, le politiche di uso del territorio sono diventate negli ultimi decenni sempre più orientate verso la prevenzione della crescita urbana e regionale mediante l'attuazione di politiche che incoraggino la concentrazione delle attività e che aumentino la densità di popolazione in aree già sviluppate [2]. Una delle motivazioni per promuovere uno sviluppo urbano più compatto risiede nel fatto che riducendo lo sprawl non governato (e quindi aumentando la densità di popolazione) si possono contenere le esternalità attraverso una riduzione delle distanze di viaggio e una maggiore facilità di utilizzo di modalità più sostenibili di trasporto [44].

La relazione tra sviluppo territoriale ed esternalità non è lineare, né facilmente calcolabile [10]. Lo sprawl è spesso associato con lo sviluppo a bassa densità, ma come BURCHELL et al. [11] notano, l'espansione e lo sviluppo a bassa densità non sono la stessa cosa: "Density, or more specifically, low density, is one of the cardinal defining characteristics of sprawl. But density has to be set in context... Sprawl is not simply development at less-than-maximum density; rather, it refers to development ... at a low relative density, and one that may be too costly to maintain". Ad esempio, EWING [34] scrive che Los Angeles, che è tra le città a più alta densità negli Stati Uniti, mostra anche alcune delle caratteristiche peggiori associate allo sprawl territoriale.

duce these emissions are still looked for, the issue could be addressed in terms of efficient land design, and its effects hence controlled.

For these reasons, land use policies have become in the past several decades increasingly oriented toward preventing the proliferation of urban and regional sprawl by implementing policies that encourage urban infill and that increase population density in already-developed areas [2]. One of the motivations for promoting more compact urban development is that reducing ungoverned sprawl can lessen a number of externalities by decreasing travel distances and encouraging people to use alternative modes of transportation that become increasingly feasible as population density increases [44].

One problem with developing the relations between sprawling regional development and transport externalities is that the former is difficult to quantify [10]. Sprawl is often associated with low-density development, but as BURCHELL et al. [11] note, sprawl and low-density development are not the same thing: "Density, or more specifically, low density, is one of the cardinal defining characteristics of sprawl. But density has to be set in context... Sprawl is not simply development at less-than-maximum density; rather, it refers to development ... at a low relative density, and one that may be too costly to maintain". For example, EWING [34] writes that Los Angeles, which is among the highest-density cities in the United States, also exhibits some of the worst features associated with sprawl.

Regional sprawl has been associated with a number of transportation externalities. Arguments have been made that sprawl boosts commuting times, encourages car ownership, increases per capita kilometers driven, raises car accident rates, intensifies air pollution, and raises expenditures on roads that carry the additional traffic sprawl causes. While there are persuasive arguments to support these claims, anti-sprawl detractors have made equally persuasive arguments [75].

It is easy to argue that air pollution and traffic accidents are costs that a few impose on others. But kilometers driven, car ownership, and even highway expenditures are as much benefits to drivers as they are proxies for externalities, as BRUECKNER [10] suggests. If users are left free to choose their transportation mode, then they may trend spontaneously towards car, generating hereby social costs. Not only efficient transportation alternatives must be made available, but also smart regional development choices should call against the negative effects of travel by personal car and promote shifts to alternative modes of transportation.

4. What to do?

We have already observed that transportation-efficient development is generally fostered by a certain number of major features [5, 10, 43]:

- Compact Development - i.e., land development at transit-supportive densities;

Lo *sprawl* è stato associato a una serie di esternalità di trasporto: aumento del pendolarismo, maggior uso dell'autovettura privata, maggiori percorrenze, maggior numero di incidenti automobilistici, maggiore inquinamento atmosferico, maggiori investimenti sulle strade a loro volta ulteriore causa di fenomeni di *sprawl*. Tuttavia altri autori contestano tali affermazioni con ragionamenti altrettanto convincenti [75].

E' facile sostenere che l'inquinamento atmosferico e gli incidenti stradali sono costi che pochi impongono a molti altri. Ma la distanza percorsa, la proprietà dell'automobile e anche le spese autostradali sono benefici per i conducenti così come sono causa di esternalità [10]. Se gli utenti sono lasciati liberi di scegliere il modo di trasporto, allora essi possono tendere spontaneamente verso l'automobile e quindi generare costi sociali. Pertanto il comportamento degli utenti, per essere socialmente sostenibile, deve essere indirizzato verso scelte di trasporto efficienti integrate con intelligenti scelte di sviluppo territoriale, tali da ridurre la dipendenza dall'auto e dai conseguenti effetti negativi.

4. Cosa fare?

Abbiamo già osservato che uno sviluppo efficiente dei trasporti è generalmente favorito da alcune importanti funzioni e strumenti di progettazione [5, 10, 43]:

- sviluppo compatto - cioè sviluppo territoriale basato su densità che supportano l'uso del trasporto pubblico;
- sviluppo ad uso misto - basato su una serie di attività di uso del suolo a breve distanza, raggiungibili a piedi o in bicicletta, legate tra loro con sistemi di trasporto pubblico a basso impatto;
- salvaguardia dell'ambiente e della sicurezza con spostamenti pedonali e in bicicletta;
- disponibilità di abitazioni e loro facile accessibilità.

La questione di fondo rimane la seguente: un trasporto efficiente e sostenibile può essere realizzato esclusivamente attraverso una stretta correlazione con un uso efficiente e sostenibile del territorio. In termini più operativi, si possono intraprendere diverse azioni per implementare un trasporto efficiente e sostenibile tra cui, ad esempio, una revisione dei progetti di trasporto in correlazione con i piani territoriali e l'attuazione di sistemi di trasporto a chiamata (DRTs) in aree a bassa domanda [66].

Alcune verifiche sperimentali [16] e studi precedenti [17, 71] ci permettono di esprimere le seguenti raccomandazioni.

È necessario il controllo della localizzazione delle principali attività e mantenere la densità superiore a un certo limite: in aree a bassa densità, la vettura domina le scelte modali e il costo dei trasporti collettivi è troppo elevato. In tali aree quasi tutti gli spostamenti sono fatti in auto e le persone possono utilizzare sistemi di trasporto pubblico solo con difficoltà. Anche se GORDON e RICHARDSON [38] espongono

- *Mixed-Use Development* - i.e., a variety of land-use activities within walking or cycling distance of each other, or linked to efficient and low-impacting transit forms;
- *Pedestrian and Cycling Environment and Safety* - i.e., a pleasant and safe walking and/or cycling environment;
- *Affordable Housing* - i.e., housing that is mostly available to people of all income levels.

Inter-related decisions made towards transportation-efficient development have the ultimate goal to highlight the importance of land-use regulations as a basic tool for guiding development. In addition, a wide variety of other actions should be used to implement transportation-efficient development - design review programs could be effective, as well as the implementation of Demand Responsive Transport Systems (DRTS) in areas of low and scattered demand [66].

The management of this problem through push or pull transportation measures can also be effective. Some evidence [16] and previous studies [17, 71] let us express some recommendations:

Control location of the main activities and keep density over a certain limit: In low-density areas the car dominates the choice of transport, and the cost of providing an efficient transit system is high. In such areas almost all journeys are made by car, and people can be conveyed to transit systems only with some efforts. Even if GORDON and RICHARDSON [38] evaluate a series of issues that do not support the case for promoting compact cities, higher density environments seem far easier to manage for transportation engineers. Besides, attraction points should not have the purpose of taking on cars, but residents, shoppers and visitors for commercial, cultural or leisure activities instead.

Concentration of these activities in a small space imposes strict limits on access in order to preserve a peaceful environment (this usually happens in city centers). If the strain on both infrastructure (housing, water, sewerage, transport, electricity supply) and the quality of life (community, security, open spaces, air quality) becomes unbearable, draconian measures may be considered: the New South Wales government in Australia has recently announced a \$7,000 incentive for residents to move out of Sydney [59]. Furthermore, the importance of a shrewd and strict planning should not be underestimated, as effective future plans are generally the ones resulting from clever past planning choice and controlled evolution.

The case of Copenhagen 1947 finger plan evolution is here noteworthy. Several European towns and cities - for instance, Copenhagen, Zurich (fig. 3), Helsinki, the sustainable model district of Vauban in the German city of Freiburg im Briesgau, many Dutch cases - have in fact been able to keep the attractiveness of their centers adopting traffic plans that adopt strict parking policies, restrict car access except for residents and limited deliveries, and promote buses, trams and bicycle [50]. Contrary to popular belief, more parking spaces often means more traffic congestion, because this encourages people to use their own car. Restricting parking availability - especially for commuters - ranks among the most effective (and cheapest) ways to convince drivers to leave their cars at home. These

alcune tesi contro i vantaggi trasportistici nelle città compatte, tuttavia è di solito accettata la tesi secondo cui ambienti ad alta densità sono più facili da gestire da parte degli ingegneri di trasporto. Inoltre, i punti di interesse non devono puntare a un incremento delle autovetture, bensì di residenti, negozianti e visitatori per attività commerciali, culturali o di piacere.

Concentrare le attività in spazi definiti e controllati impone una gestione rigorosa degli accessi al fine di preservare la qualità urbana (questo accade di solito nelle aree centrali). Gli interventi da realizzare diventano complessi ed onerosi sia sulle infrastrutture urbane (abitazioni, acqua, fognature, trasporto, energia elettrica) sia sulla qualità della vita (idea di comunità, sicurezza, spazi pubblici, qualità dell'aria). A questo proposito, possono anche essere prese in considerazione misure drastiche; ad es. il governo del New South Wales in Australia ha recentemente annunciato un incentivo di \$7.000 per i residenti che lascino il centro di Sydney [59]. Inoltre, non deve essere sottovalutata l'importanza di una pianificazione oculata e rigorosa. Spesso progetti efficaci per il futuro derivano dalla sapiente scelta di pianificazione del passato e dal controllo della sua evoluzione nel tempo.

Il caso del Fingerplan di Copenhagen 1947 è un esempio significativo. Molte città europee – oltre la già citata Copenhagen, anche Zurigo (fig. 3), Helsinki, il quartiere modello sostenibile di Vauban nella città tedesca di Friburgo Briesgau, molti casi olandesi – sono state in grado di mantenere l'attrattiva dei loro centri, adottando piani di mobilità e politiche di parcheggio rigorose, limitando l'accesso alle autovetture alle aree di pregio (tranne che per i residenti e la consegna limitata di merci), promuovendo autobus, tram e biciclette [50]. Contrariamente alla credenza popolare, la disponibilità di più posti di parcheggio spesso significa più traffico, perché questa disponibilità incoraggia le persone ad utilizzare la propria auto. Limitare la disponibilità di parcheggio – soprattutto per gli spostamenti pendolari – rappresenta un modo eco-

measures make such areas, liberated from traffic jams and parking, available for walking, shopping, and leisure.

Do not have fear to invest for creating transit of 21st century: Investing in an efficient transit system benefits all citizens. The advantages of good public transport networks are not only confined to their passengers, but involve the whole community. Therefore, investments in infrastructure and all operational costs should not be entirely paid for from the tariff revenues, but non-users should also contribute, as they also benefit from having an attractive public transport system, roads less congested and cleaner air (fig. 4). Taking the possible effectiveness of public transport into account in land planning decisions is a valid way to stop the increase in private car traffic and daily traffic congestion. One of the best incentives for leaving the car at home is a short walk to an attractive public transport station. Public transport needs hence to be as fast and reliable as the private car. However, as demand for public transport in rural areas is normally highly dispersed, the conventional transit operation is normally cost-effective only during student peaks (and sometimes, in the most populated areas, during rush hours). Outside these timeframes and away from the main roads, the performance of public transport worsens significantly and the modal choice of users turns towards other traffic means. This makes the supply of high quality transit systems often linked to rather huge investment (the case of the new railway station in Berlin is shown in fig. 4).

Invest also in system combination, transit appearance, Intelligent Transport Systems (ITS), and tariff integration: Not everybody lives a short walk away from a transit stop, so other modes need to be used to get to it. The private car is an important feeder to public transport interchanges and in many countries park-and-ride (P+R) facilities have shown good results, letting people use public transport to reach their destination. To be attractive, P+R must offer connections to frequent, fast public transport services, and they must be well managed. Real-time passenger information, comfortable waiting and transfer areas increase their attraction: as the waiting time is normally perceived as a great inconvenience



(Fonte - Source: www.zuerich.ch)

Fig. 3 - Veduta aerea della città di Zurigo.
Fig. 3 - Aerial picture of the city of Zurich.

nomico ed efficace per ridurre la mobilità privata, ovviamente in presenza di valide alternative di trasporto pubblico, percorsi pedonali e piste ciclabili ben progettate.

Non bisogna avere paura di investire per la creazione di nuovi mezzi di trasporto pubblico per il 21° secolo: investire in un sistema di trasporto efficiente è un vantaggio per tutti i cittadini. Infatti, i benefici di una rete di trasporti efficiente (minore congestione stradale, minore inquinamento e maggiore sicurezza) non sono limitati agli utenti del servizio, ma coinvolgono l'intera comunità. Per questo motivo gli investimenti infrastrutturali ed i costi di esercizio non dovrebbero essere interamente ripagati dai ricavi tariffari (ed infatti non lo sono) (fig. 4). Se nelle decisioni di pianificazione territoriale si tiene opportunamente in considerazione l'efficacia potenziale di un trasporto pubblico di qualità, è possibile ridurre l'aumento del traffico automobilistico privato e rispondere anche alle nuove necessità di mobilità di una popolazione che oggi soffre per gli elevati costi connessi alla gestione dell'auto. Ciò è possibile incrementando la rete e le prestazioni del sistema facendo molta attenzione alla qualità dei nodi di interscambio ed alla loro accessibilità. I trasporti pubblici devono quindi presentare prestazioni paragonabili a quelle dell'autovettura privata, a cui ormai la domanda di trasporto si è abituata. Tuttavia, poiché la domanda di trasporto pubblico nelle aree a densità diffusa è di modesta entità e dispersa sul territorio, il trasporto pubblico convenzionale è normalmente poco conveniente tranne nelle ore di massimo carico corrispondenti agli spostamenti pendolari (studenti e lavoratori). In queste situazioni, soluzioni innovative (autobus a chiamata) o nuove forme organizzative del trasporto possono rappresentare uno strumento efficace e di costo accettabile. In queste situazioni di distribuzione di domanda, infatti, il rischio è che le prestazioni del trasporto pubblico o siano modeste o siano troppo costose e pertanto l'utente sia costretto all'uso del trasporto individuale. (Il caso della nuova stazione ferroviaria di Berlino è mostrato in fig. 4).

Bisogna investire nell'integrazione tra modi di trasporto, nella qualità del sistema (funzionale ma anche architettonica), nei Sistemi Intelligenti di Trasporto (ITS) e nell'informazione all'utenza ed ovviamente nell'integrazione tariffaria integrale. Non tutti risiedono in prossimità di una fermata del trasporto pubblico e quindi si deve organizzare il sistema consentendo l'integrazione di più modalità, compresa l'autovettura privata. In molte esperienze di successo le strutture di *park-and-ride* hanno dimostrato buoni risultati, consentendo che l'utente possa raggiungere la destinazione finale con il trasporto pubblico. Per essere efficace il *park-and-ride* deve offrire connessioni con servizi di trasporto pubblico di buon livello. L'integrazione deve essere ben gestita ed i passeggeri devono disporre di informazioni in tempo reale, spazi di attesa confortevoli e percorsi di trasferimento sicuri e piacevoli. Il tempo di attesa è di norma percepito come un ulteriore costo dall'utente, pertanto i percorsi e le aree di interscambio devono essere ben progettati (fig. 5), in modo da consentire ai passeggeri di utilizzare il loro tempo in

from the customers, the interchanges must be well planned and made attractive (fig. 5), so to allow passengers to use their time in an enjoyable way. Also vehicles should be replaced frequently and kept clean. Advanced technologies (ITS) make it possible to provide the customers with real-time information (fig. 6), enhancing transit attractiveness and allowing door-to-door journey planning even in low density areas⁽¹⁾. Finally, integrated and electronic ticketing adds a new dimension for regular and season ticket holders (fig. 7). Automatic fare collection systems and contactless smart



Fig. 4 - Il caso di un investimento trasportistico di rilievo: la nuova stazione ferroviaria di Berlino.

Fig. 4 - Best case of huge investment in transport infrastructures: the new railway station of Berlin.

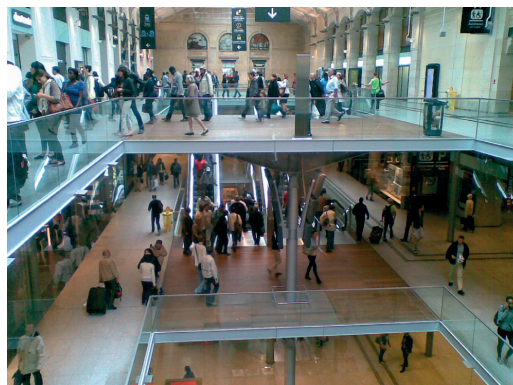


Fig. 5 - Un punto di interscambio attrattivo: la stazione di St. Lazare a Parigi.

Fig. 5 - An attractive point to transport interchange: the station of St. Lazare in Paris.

⁽¹⁾ BELL et al. [4] investigated the range of traffic management policies and technologies implemented, and identified the role of ITS in European cities.

modo utile e piacevole. Anche i veicoli devono essere ammodernati frequentemente e tenuti puliti. Tecnologie Avanzate (quali ad esempio gli ITS) consentono di fornire ai clienti informazioni in tempo reale (fig. 6), aumentare l'attrattività del trasporto, permettendo la programmazione di un viaggio porta a porta anche in aree a bassa densità⁽¹⁾. Infine, la bigliettazione elettronica integrata aggiunge una nuova dimensione per i titolari di regolari biglietti e abbonamenti (fig. 7). Sistemi di riscossione automatica e smart card senza contatto offrono alternative ad alte prestazioni alla bigliettazione tradizionale: sono semplici da usare, evitano la gestione di cassa, consentono le operazioni in totale sicurezza, riducono le possibilità di evasione, consentono tragitti intermodali con un unico titolo di viaggio integrato.

5. Conclusioni e suggerimenti

La pianificazione regionale dei trasporti è una questione complessa e coinvolge una serie di decisioni da prendere sotto condizioni e vincoli variabili con il tempo e che dipendono anche da parametri non trasportistici. In questo articolo, abbiamo discusso alcune strategie ed iniziative che possono essere utilizzate per prendere alcune di queste decisioni in modo efficiente.

Si compiono scelte di pianificazione territoriale a diversi livelli. Su scala nazionale, esse possono influenzare le localizzazioni future in relazione a quanto già esiste. Politiche regionali ed urbane sono in grado di dare indirizzi precisi riguardo alle dimensioni ed alla forma del nuovo sviluppo territoriale e della destinazione di uso del suolo - ovvero se quest'ultimo debba venire usato per edilizia abitativa, commerciale e industriale, o per una combinazione fra queste, nonché scegliendo fra diffusione e concentrazione. A livello locale e di quartiere, politiche di pianificazione possono riguardare la densità e la forma dello sviluppo urbano, oltre a soddisfare questioni locali sulla qualità del design e dell'ambiente, come quello promosso da BREHENY e ROOKWOOD [9].

Consumo di suolo e impatti sociali del trasporto appartengono alle principali conseguenze ambientali dello sviluppo territoriale incontrollato. Il consumo di suolo pro capite è ovviamente più elevato a basse densità: questo è normalmente un vantaggio per il singolo, ma può avere conseguenze negative per la comunità. Un esempio in questo senso è costituito dalla perdita di terreni agricoli: sebbene essa non sembri un'attuale priorità delle politiche europee, l'eventuale presenza di terreni coltivati nelle periferie urbane appare di un certo valore, almeno in qualità di spazio aperto. Il decentramento della struttura spaziale urbana può portare sia ad un aumento che ad



Fig. 6 - Sistemi di informazione real-time nella metropolitana di Copenhagen.

Fig. 6 - Real-time information systems on the subway in Copenhagen.



Fig. 7 - Possibilità di acquistare biglietti del trasporto pubblico sul proprio telefono cellulare.

Fig. 7 - Mobile ticketing on the phone.

cards offer high performance alternatives to traditional ticketing: they are simple to use, and avoid handling cash, permitting transactions in total security. Furthermore, they reduce fare evasion, allow inter-modal fares and leave the way clear for new electronic purse applications.

5. Conclusions and suggestions

Regional transportation planning is a complex issue and involves a variety of decisions to be made under conditions and constraints varying with time and also depending from non-transportation parameters. In this paper, we have described some of these in detail and discussed briefly some strategies and actions that can be used for making some of these decisions efficiently.

Territorial planning choices take place at all levels. At the national scale, they can influence the location of new development in relation to existing towns, cities, facilities and other infrastructure. Regional and city-wide policies can manage the size and shape of new development and the type

⁽¹⁾ BELL et al. [4] hanno condotto un'indagine sulle politiche di gestione del traffico e sulle tecnologie implementate, identificando il ruolo degli ITS nelle città europee.

una diminuzione delle percorrenze medie, le quali dipendono da una serie di variabili socio-economiche e urbane fondamentali: la complessità delle forme territoriali suggerirebbe che significative distanze tra abitazioni e luoghi di lavoro possano essere interpretate per mezzo di una miscela di fattori fisici e socio-economici, ma che è quasi impossibile isolare l'esatto effetto di ciascuna variabile. Il ruolo delle politiche di intervento verso l'efficienza e la sostenibilità dovrebbe essere incentrato sulla comprensione dell'importanza relativa della maggior parte di esse e cercando di spostare la maggior parte possibile della domanda sui modi meno inquinanti.

Il risultato dei confronti fra viaggi extraurbani ed urbani e le sue conseguenze per l'ambiente è piuttosto eterogeneo: i dati provenienti da studi a livello metropolitano negli Stati Uniti mostrano che lo sviluppo periferico a bassa densità è associato a percorrenze più elevate ed ad un uso significativo dell'autovettura [6]. Poiché le emissioni inquinanti sono fortemente influenzate dalle partenze a freddo, dalle velocità e delle distanze percorse, non si può pervenire a conclusioni generali attendibili: tuttavia, se i chilometri percorsi sono maggiori in luoghi di periferia, come diversi studi suggeriscono [37, 7, 25, 53], ciò dovrebbe condurre a più alte emissioni di gas serra.

Gli studi condotti negli Stati Uniti e in Europa concordano sul fatto che l'uso del territorio sia più importante dei fattori socio-economici nel predire le lunghezze di viaggio, ma che le caratteristiche socio-economiche, la qualità del trasporto pubblico e l'efficienza nella rete integrata abbiano una maggiore influenza sulla scelta modale da un punto di vista di trasporti. Strategie accorte di uso del suolo hanno il potenziale di ridurre gli spostamenti dei veicoli, portando le attività di interesse più vicine alla posizione della propria abitazione, accorciando così la durata degli spostamenti, o fornendo alternative di qualità all'uso dell'autovettura. Anche l'elasticità sembra avere un ruolo nel processo [48]. Le caratteristiche dell'ambiente costruito, inoltre, non sempre influiscono sulle abitudini di viaggio degli individui, in quanto alcuni possono scegliere di vivere in luoghi particolari non a causa di stimoli razionali, bensì perché attratti da un particolare stile di vita – sviluppando dunque un tipo di causalità inversa.

Nonostante le difficoltà empiriche e la mancanza di univoci risultati di ricerca, è possibile giungere ad alcune conclusioni. In termini di influenze specifiche che il trasporto ha sull'uso del suolo e sulla forma urbana, ci sono chiare influenze sulla lunghezza del viaggio e sulla scelta modale. D'altra parte, la forma dello sviluppo territoriale e l'eventuale disponibilità di modalità di trasporto pubblico efficienti influenzano il comportamento di viaggio.

E' più probabile che distribuzioni territoriali ad alta densità vengano influenzate da servizi di trasporto pubblico, mentre a bassa densità l'auto sembra essere il modo di trasporto dominante.

La pianificazione dei trasporti è quindi fra le questioni strategiche che devono essere affrontate da politiche di

of land use: whether it is used for housing, commercial and industrial purposes, or a combination of these in a mixed-use development, where clustering and concentration may take place. At the local and neighborhood levels, planning policies can be used to influence the density and layout of development, together with accommodating local concerns over the quality of design and environment, such as that promoted by BREHENY and ROOKWOOD [9].

Land consumption and social impacts from transportation belong to the main environmental consequences of uncontrolled development. Land consumption per capita is obviously higher at low densities: this is normally a benefit to the consumer, but it may have adverse consequences for the community. Farmland loss belongs definitely to the latter: although this does not seem to be a current priority of Europe as such, the farmland at the urban edge appears to be of high value, at least as open space. Decentralization of urban spatial structure can lead to either an increase or a decrease in average commuting distance. It depends from a number of key socioeconomic and urban variables: the complexity of territorial forms would suggest that huge distance between homes and workplaces can be explained by a mixture of physical and socio-economic factors, but that it is quite impossible to isolate the exact effects of each. The role of policy interventions should be focused on understanding the relative importance of the most and operating trying to shift as many demand shares as possible on less polluting modes, if it is aimed at operating both efficiently and sustainably.

The evidence comparing suburban and urban travel and its environmental consequences is rather mixed: data from metropolitan-level studies in the United States show that low-density suburban development is associated with higher distances travelled and significant use of car [6]. Because pollutant emissions are heavily affected by cold starts, speeds and distances travelled, general conclusions are risky: however, if kilometers travelled are higher in suburban locations, as several metropolitan studies suggest [37, 7, 25, 53], greenhouse gas emissions are also likely to be higher.

The evidence in the United States and Europe agrees that the land use is more important than socio-economic factors in predicting trip lengths, but that socio-economic characteristics, and transit quality and efficiency in the integrated network have a greater influence on travel modal choice. Land-use strategies have the potential to reduce vehicle travels by bringing activities closer to the home location, thereby shortening the length of trips, or providing quality alternatives to car. Transportation elasticity also seems to play a role in the process [48]. The characteristics of the built environment also may not always determine individuals' travel patterns, but some may choose to live in particular locations not because of given influential stimuli, but because they are attracted from a particular lifestyle – a type of reverse causality.

Despite the empirical difficulties and the lack of univocal research evidence, it is possible to come to some conclusions. In terms of the particular influences that transport has on land use and urban form, there are clear influences on trip length and modal choice. On the other hand, devel-

sostenibilità del territorio. Le zone a sviluppo territoriale compatto non dovrebbero più essere solo i centri di creazione del benessere, ma dovrebbero risolvere il problema di alloggi a prezzi accessibili e dell'accesso reale ai servizi ed alle strutture da parte della popolazione, della qualità dell'ambiente, del basso tasso di criminalità, di sicurezza e protezione, di qualità dell'aria.

I conflitti tra gli obiettivi di mobilità ed accessibilità possono essere ridotti se gli usi del suolo ed i modelli di sviluppo, in particolare nei pressi di infrastrutture di trasporto regionali, sono ispirati da efficienti comportamenti di trasporto. Questo include non solo ridotte percorrenze a bordo dell'autovettura, ma anche maggiore uso di modi di trasporto più efficienti come *carpooling*, mezzi di trasporto pubblico, a piedi e in bicicletta. In altri termini, lo sviluppo territoriale caratterizzato da un trasporto efficiente dovrebbe consentire l'uso concreto di modi di trasporto non motorizzati o comunque ridurre la lunghezza e la quantità di viaggi a bordo dell'autovettura.

E' anche chiaro che i sistemi di trasporto completeranno nel corso dei prossimi decenni l'evoluzione già iniziata, attraverso l'introduzione di veicoli elettrici e obiettivi di riduzione di energia [14]. Tali modifiche saranno comunque parzialmente ispirate dalla nostra storia e dalla nostra maturità in termini politici, vale a dire da quanto saremo attenti alle questioni ambientali ed ai problemi sociali, nonché dalla nostra capacità di uscire dai problemi economici attuali.

Fino a questo momento, "i costi di pianificazione" normalmente considerati non sembrano includere nel giusto conto quelli causati da forme di trasporto difficilmente sostenibile. Nell'ambito della strategia di mantenere i costi sociali di questi ultimi più bassi possibile, bisogna allora ampliare i processi di ricerca futuri con l'obiettivo di quantificare i vantaggi di una pianificazione regionale efficiente ed i costi esterni che la comunità non può evitare di affrontare in caso di scelte territoriali irrazionali.

Alla luce di questi risultati, è necessario un drastico cambiamento sia per i pianificatori che per i ricercatori. Da un lato, questi ultimi dovrebbero tenere le dinamiche del cambiamento territoriale in profonda considerazione, analizzando le cause e prevedendo gli effetti di possibili trasformazioni. Dall'altro lato, i pianificatori dovrebbero considerare il loro ruolo in un senso molto più ampio, quantificando le conseguenze sociali e le possibili mitigazioni necessarie per i nuovi insediamenti. Inoltre, dovrebbero essere sviluppate strategie unificate per ridurre le esternalità dei trasporti e il consumo incontrollato del territorio, insieme a studi volti a determinare come soddisfare tali obiettivi.

opment form and availability of efficient transit modes influence travel behavior.

Higher-density development is more likely to be influenced from a public transport service, whilst in low-density developments car seems to have a definite edge.

There is hence a series of strategic issues that must be addressed if it is aimed at sustainable land use: transport sustainability is among the factors that must be strived at. Zones of compact development should no longer be only the centers of wealth creation, but need to address concerns over affordable housing and real access to services and facilities, quality of the environment, including equity issues, low crime rates, safe and secure living, clean air.

Conflicts between mobility and accessibility goals can be reduced if land uses and development patterns, especially near regional transportation facilities, support efficient transportation behavior. This includes not only reduced lengths of vehicle trips, but also increased use of more efficient modes of travel such as carpooling, transit, walking, and biking. In other terms, development with transportation-efficient characteristics should allow people's concrete use of transit or non-motorized transportation modes while reducing the length and amount of vehicle trips.

It is also clear that transport systems will change radically over the coming decades in ways that have already begun through the introduction of electric vehicles and energy reduction targets [14]. These changes will be however partially driven by our history and our maturity in terms of policy: i.e. our environmental care, our social problems and our capacity to recover from current economic problems.

So far, the normally hypothesized "planning cost" did not seem to account for a large fraction of the total costs of inefficient planning due to hardly sustainable transportation. Within the strategy of keeping the social costs of the latter as low as possible, a wider future research process should be developed, aiming at quantifying the benefits of an efficient regional planning and the external costs that the community cannot avoid to face in case of unaware planning choices.

Given these findings, a drastic change for both planners and researchers is needed. From one side, researchers should take the dynamics of territorial change into deeper consideration, analyzing the causes and forecasting the effects of possible transformations. From the other side, planners should consider their role in a much broader sense, quantifying the social consequences and the possible mitigations necessary for new development. Unified strategies to reduce transport externalities and uncontrolled land consumption should be developed, and studies to determine how to meet those objective should be carried out.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] A. AGUILERA, D. MIGNOT (2004), "Urban sprawl, polycentrism and commuting: a comparison of seven French urban areas", *Urban Public Economics Review* 1, 93-113.

- [2] J. ARBURY (2005), *"From Urban Sprawl to Compact City - An analysis of urban growth management in Auckland"*, MA Thesis at the University of Auckland, Auckland, New Zealand.
- [3] D. BANISTER (2005), *"Unsustainable Transport: City Transport in the New Century"*, Routledge, London, UK.
- [4] M.G.H. BELL, I. KAPARIAS, S. NOCERA, K. ZAVITSAS (2012), *"Risultati di una recente indagine sulla presenza in Europa di architetture di sistemi telematici per i trasporti / Presence of Urban ITS Architectures in Europe: Results of a Recent Survey"*, *Ingegneria Ferroviaria* 67-5: 447-467.
- [5] M. BERMAN (1996), *"The transportation effects of neo-traditional development"*, *Journal of Planning Literature* 10(4): 347-363.
- [6] W.R. BLACK (1996), *"Sustainable transportation: a US perspective"*, *Journal of Transport Geography* 4-3: 151-159.
- [7] M. BREHENY (1997), *"Urban compaction: Feasible and acceptable?"*, *Cities* 14(4): 209-217.
- [8] M. BREHENY (2001), *"Densities and sustainable cities: the UK experience"*, In: M. Echenique, & A. Saint (Eds.), *Cities for the New Millennium*, (pp. 39-51). Spon Press, London, UK.
- [9] M. BREHENY, R. ROOKWOOD (1993), *"Planning the Sustainable City Region"*, In: A. Blowers (Ed.), *Planning for a Sustainable Environment*, (pp. 150-189). Earthscan, London, UK.
- [10] J.K. BRUECKNER (2000), *"Urban Sprawl: Diagnosis and Remedies"*, *International Regional Science Review* 23: 160-171.
- [11] R.W. BURCHELL, N.A. SHAD, D. LISTOKIN, H. PHILLIPS, A. DOWNS, S. SESKIN, J.S. DAVIS, T. MOORE, D. HELTON, M. GALL (1998), *"The Costs of Sprawl-Revisited"*, National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- [12] P. CALTHORPE, (1993), *"The next American metropolis: Ecology, community, and the American dream"*, Princeton Architectural Press, New York, NY, USA.
- [13] A. CAPPELLI, (2006), *"Il nuovo corridoio ferroviario Torino-Lione / The new railway corridor between Turin and Lyons"*, *Ingegneria Ferroviaria* 61(6): 495-504
- [14] A. CAPPELLI, (2008), *"Le modalità di servizio ed i sistemi non convenzionali ed innovativi / The quality of public transport and the new transport systems, innovative and unconventional"*, *Ingegneria Ferroviaria* 63-11, 967-973.
- [15] A. CAPPELLI, (2009), *"Il costo sociale del trasporto e della logistica in Italia"*, *Economia dei Servizi* 4-3, 361-376.
- [16] A. CAPPELLI, A. LIBARDO, S. NOCERA, (Eds.) (2008a), *"I trasporti nella città del XXI secolo: scenari per l'innovazione"*, Aracne Press, Rome, Italy.
- [17] A. CAPPELLI, A. LIBARDO, S. NOCERA, (2008b), *"La rete infrastrutturale del Veneto centrale: grandi infrastrutture e sistema di accessibilità"*, In: IUAV ricerche, *Strade del Nord-Est - Territori e paesaggi, architettura e ingegneria*, Il Poligrafo Press, Padua, Italy.
- [18] A. CAPPELLI, S. NOCERA, (2006), *"Freight modal split models: data base, calibration problem and urban application"*, in: C.A. BREBBIA, V. DOLEZEL, (Editors): *"Urban Transport XII - Urban Transport and the environment in 21st Century"*, The Wit Press, Southampton, UK. ISBN: 1-84564-179-5.
- [19] A. CARSE, (2011), *"Assessment of transport quality of life as an alternative transport appraisal technique"*, *Journal of Transport Geography* 19-5, 1037-1045.
- [20] R. CERVERO, (1993), *"Surviving the Suburbs: Transit's Untapped Frontier"*, *Access* 2: 29-34.
- [21] R. CERVERO, (1994), *"Transit-based housing in California: evidence on ridership impacts"*, *Transport Policy* 1(3): 174-183.
- [22] Commission of the European Communities (CEC) (1990), *"Green Paper on the Urban Environment"*, EUR 12902. Brussels, Belgium.
- [23] Commission of the European Communities (CEC) (2004), *"Towards a thematic strategy on the urban environment, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee, the Committee of the Regions"*, Brussels, Belgium.
- [24] R. CRANE, (1996), *"Cars and drivers in new suburbs: Linking access to travel in neo-traditional planning"*, *Journal of the American Planning Association*, 62(1): 51-65.
- [25] R. CRANE, (2000), *"The influence of urban form on travel: An interpretive review"*, *Journal of Planning Literature*, 15(1): 1-23.
- [26] C. CURTIS, (2007), *"Planning for sustainable accessibility: the implementation challenge"*, *Transport Policy* 15: 104-112.
- [27] Department of Environment (1976), *"Inner Area Studies"*, Department for Environment, London, UK.

- [28] H. DITTMAR, G. OHLAND, (2004), *"The new transit town: best practices in transit-oriented development"*, Island Press, Washington, DC, USA.
- [29] L. EBOLI, C. FORCINITI, G. MAZZULLA, (2012), *"Exploring Land Use and Transport Interaction through Structural Equation Modelling"*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 54: 107-116.
- [30] L. EBOLI, G. MAZZULLA, (2011), *"A methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passenger's point of view"*, Transport Policy, 18-1: 172-181.
- [31] L. EBOLI, G. MAZZULLA, (2012), *"Performance indicators for an objective measure of public transport service quality"*, European Transport/Trasporti Europei 51: 1-21.
- [32] ECOTEC (1993), *"Reducing Transport Emissions Through Land Use Planning"*, HMSO, London, UK.
- [33] Euromobility (2012), *"La mobilità sostenibile in Italia: indagine sulle principali 50 città"*, Rome, Italy.
- [34] R. EWING, (1997), *"Is Los Angeles-Style Sprawl Desirable?"*, Journal of the American Planning Association 63: 95-126.
- [35] E. FORNASIERO, A. LIBARDO, (2010), *"Intercontinental freight transport impacts: Modeling and measuring choice effects"*, WIT Transactions on Ecology and the Environment 136: 211-222.
- [36] E. FORNASIERO, A. LIBARDO, (2011), *"Market economy and sustainability: role of Italian ports"*, Ingegneria Ferroviaria 66-5: 449-470.
- [37] P. GORDON, A. KUMAR, H.W. RICHARDSON, (1989), *"Congestion, changing metropolitan structure and city size in the United States"*, International Regional Science Review, 12(1): 45-56.
- [38] P. GORDON, H.W. RICHARDSON, (1997), *"Are compact cities a desirable planning goal?"*, Journal of the American Planning Association, 63(1): 95-106.
- [39] P. GORDON, H.W. RICHARDSON, (2000), *"Critiquing sprawl's critics"*, Cato Institute. (Policy Analysis No. 365), Washington, DC, USA. Available online at: <http://www.cato.org/pubs/pas/pa-365es.html>.
- [40] S. HANSON, (1982), *"The determinants of daily travel-activity patterns: relative location and socio-demographic factors"*, Urban Geography 3(3): 179-202.
- [41] K.E. HAYNES, J.L. GIFFORD, D. PELLETIERE, (2005), *"Sustainable transportation institutions and regional evolution: global and local perspectives"*, Journal of Transport Geography, 13-3: 207-221.
- [42] P. HEADICAR, C. CURTIS, (1998), *"The location of new residential development: its influence on car-based travel"*, In: D. BANISTER (Ed.), *"Transport Policy and the Environment"*, (pp. 220-240). Spon Press, London, UK.
- [43] R. HICKMAN, D. BANISTER, (2005), *"Reducing Travel by Design"*, in: K. WILLIAMS (Ed.), *"Spatial Planning, Urban Form and Sustainable Transport"*, (pp. 102-122). Ashgate, Farnham, UK.
- [44] R.G. HOLCOMBE, D.W. WILLIAMS, (2010), *"Urban Sprawl and Transportation Externalities"*, The Review of Regional Studies, 40-3, 257-273.
- [45] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001), *"Climate Change 2001: the Scientific Basis"*, Geneva, Switzerland.
- [46] Isfort (2011), *"La domanda di mobilità degli Italiani"*, Online at: http://www.isfort.it/sito/statistiche/Congiunturali/Annuali/RA_2011.pdf.
- [47] A. KEAN, J.E. GROSJEAN, D. GROSJEAN, R.A. HARLEY, (2002), *"On-Road Measurement of Carbonyls in California Light-Duty Vehicle Emissions"*, Working Paper 547 at University of California Transportation Center, Berkeley CA, USA.
- [48] A. LIBARDO, S. NOCERA, (2008), *"Transportation Elasticity for the Analysis of Italian Transportation Demand on a Regional Scale"*, Traffic Engineering and Control 49-5: 187-192.
- [49] A. LIBARDO, S. NOCERA, (2012), *"Exploring the Perceived Security in Transit: The Venetian Students' Perspective"*, in: M. PACETTI, G. PASSERINI, C.A. BREBBIA, G. LATINI, *"Sustainable City VII"*, (pp. 943-952), The Wit Press Series, Southampton, UK.
- [50] A. LIBARDO, A. PAROLIN, (2010) *"Il tram suburbano nella città diffusa. Una applicazione / The suburban tram in the diffuse city. An application"*, Ingegneria Ferroviaria 65 (2): 153-164.
- [51] T. LITMAN, (2003), *"Sustainable transportation indicators"*, Victoria Transport Policy Institute, Victoria, BC, Canada. Available from www.vtpi.org.
- [52] N.P. LOW, (2003), *"Is Urban Transport Sustainable?"*, in: N.P. LOW, B.J. GLEESON (Eds.), *"Making Urban Transport Sustainable"*, (pp. 1-22), Palgrave-Macmillan, Basingstoke, UK.

- [53] S. MARSHALL, (2001), *"The challenge of sustainable transport"*, in: A. LAYARD, S. DAVOUDI, S. BATTY (Eds.), *"Planning for a Sustainable Future"*, (pp. 131-147). Spon Press, London, UK.
- [54] S. MARSHALL, (2005), *"Streets and Patterns"*, Routledge, London, UK.
- [55] S. MARSHALL, D. BANISTER, (2006), (Eds.), *"Land Use and Transport Planning: European Perspectives on Integrated Policies"*, Elsevier, London, UK.
- [56] M.M. MAYA, (2008), *"Transportation Planning and the Prevention of Urban Sprawl"*, New York University Law Review 83: 879-910.
- [57] G. MAZZULLA, C. FORCINITI, (2012), *"Spatial association techniques for analysing trip distribution in an urban area"*, European Transport Research Review, 4(4): 217-233.
- [58] P.W.G. NEWMAN, J.R. KENWORTHY, (1999), *"Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence"*, Island Press, Washington, DC, USA.
- [59] New South Wales Government (NSWG) (2013), *"Regional Relocation Grant"*, Online at: <http://www.osr.nsw.gov.au/benefits/rrgl/>.
- [60] S. NOCERA, (2010), *"Un approccio operativo per la valutazione della qualità nei servizi di trasporto pubblico / An Operational Approach for Quality Evaluation in Public Transport Services"*, Ingegneria Ferroviaria 65-4: 363-383.
- [61] S. NOCERA, (2011), *"The key role of quality assessment in public transport policy"*, Traffic Engineering & Control 52-9: 394-398.
- [62] S. NOCERA, F. CAVALLARO, (2011), *"Policy Effectiveness for Containing CO₂ Emissions in Transportation"*, Procedia - Social and Behavioral Science 20: 703-713.
- [63] S. NOCERA, F. CAVALLARO, (2012), *"Economical Evaluation of Future Carbon Impacts on the Italian Highways"*, Procedia - Social and Behavioral Science 54: 1360-1369.
- [64] S. NOCERA, F. CAVALLARO, (2013), *"A methodological framework for the economic evaluation of CO₂ emissions from transportation"*, J. Adv. Transp.. doi: 10.1002/atr.1249.
- [65] S. NOCERA, F. MAINO, F. CAVALLARO, (2012), *"A heuristic Method for evaluating CO₂ Efficiency in Transport Planning"*, European Transport Research Review 4: 91-106.
- [66] S. NOCERA, A. TSAKARESTOS, (2004), *"Demand responsive transport systems for rural areas in Germany - an overview of the projects MOBINET and MOB"*, Traffic Engineering & Control, 45-10: 378-383.
- [67] OECD (1996), *"Towards Sustainable Transportation"*, OECD Publications, Paris, France.
- [68] Z.-R. PENG, (1997), *"The Jobs-Housing Balance and Urban Commuting"*, Urban Stud 34-8, 1215-1235.
- [69] A. POWER, (2012), *"Social inequality, disadvantaged neighbourhoods and transport deprivation: an assessment of the historical influence of housing policies"*, Journal of Transport Geography 21: 39-48.
- [70] L. REDMAN, M. FRIMAN, T. GÄRLING, T. HARTIG, (2013), *"Quality attributes of public transport that attract car users: A research review"*, Transport Policy 25: 119-127.
- [71] C.J. RODIER, R.A. JOHNSTON, (1997), *"Incentives for local governments to implement travel demand management measures"*, Transportation Research Part A: Policy and Practice 31-4: 295-308.
- [72] A. SARDENA, (2011), *"Abitare fuori casa: per una prossemica dello spazio pubblico"*, PhD Thesis at IUAV University of Venice, Italy.
- [73] L. STEG, R. GIFFORD, (2005), *"Sustainable transportation and quality of life"*, Journal of Transport Geography 13-1: 59-69.
- [74] D. STEAD, (2001), *"Relationships between land use, socio-economic factors and travel patterns in Britain"*, Environment and Planning B 28(4): 499-528.
- [75] Y.-H. TSAI, (2005), *"Quantifying urban form: Compactness versus «sprawl»"*, Urban Studies 42(1): 141-161.
- [76] E. UHEREK, T. HALENKA, J. BORKEN-KLEEFELD, Y. BALKANSKI, T. BERNTSEN, C. BORREGO, M. GAUSS, P. HOOR, K. JUDAREZLER, J. LELIEVELD, D. MELAS, K. RYPDAL, S. SCHMID, (2010), *"Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport"*, Atmospheric Environment 44-37, 4772-4816.
- [77] S.C. VAN DER ZEE, M.B.A. DIJCKEMA, J. VAN DER LAAN, G. HOEK, (2012), *"The impact of inland ships and recreational boats on measured NO_x and ultrafine particle concentrations along the waterways"*, Atmospheric Environment 55: 368-376.
- [78] World Commission on Environment and Development, (WCED) (1987), *"Our common future"*, Oxford University Press, Oxford, UK.