



Risultati di un modello euristico per la valutazione della qualità dei sistemi di trasporto ferroviari

Results of a heuristic model to evaluate perceived quality of railway travels

Prof. Ing. Agostino CAPPELLI^(*)
 Dott. Ing. Alessandra LIBARDO^(*)
 Dott. Ing. Silvio NOCERA^(*)
 Dott. Ing. Giorgio SALERNO^(**)
 Dott. Ing. Andrea SARDENA^(*)

Sommario - L'obiettivo di questa ricerca è l'identificazione delle relazioni e delle variabili decisive che legano il miglioramento del servizio e la domanda generata nel settore dei servizi ferroviari regionali. I risultati ottenuti evidenziano che le variabili efficaci non sono solo quelle concernenti la qualità intrinseca del servizio ferroviario (frequenze, tempi di percorrenza e qualità del materiale rotabile), storicamente utilizzate in letteratura e nella pratica operativa per la valutazione della ripartizione modale, ma che queste debbano tenere conto anche dell'attrattività delle aree d'interscambio in capo alla ferrovia per offerta di postazioni di ricarica per veicoli *plug-in* (ibridi e FEV), di servizi di *sharing* e servizi accessori per facilitare lo scambio modale. La ricerca ha conseguentemente sviluppato una metodologia specifica per ponderare l'importanza di queste variabili per lo studio della scelta modale con riferimento ai servizi di trasporto ferroviario regionale.

1. Stato dell'arte delle ricerche effettuate

I risultati dell'analisi bibliografica sul tema del miglioramento della qualità (oggettiva e percepita) dei servizi ferroviari regionali evidenziano ancora una carenza nella gestione del territorio coerente con la promozione di un più efficiente utilizzo del sistema ferroviario, tenendo conto del necessario consenso politico ma anche dell'efficienza economica, dell'equità sociale e dell'efficacia funzionale.

Il coordinamento tra la gestione dell'uso del suolo e le prestazioni del sistema dei trasporti richiede di accertare e valutare come le scelte urbanistiche abbiano conseguenze dirette sul trasporto e possano aumentare le pos-

Summary - The aim of this research is to identify the relationships and decisive variables linking service improvement and demand generated in the field of regional railway services. The results obtained show that the effective variables are not only those relating to the intrinsic quality of the railway service (frequency, journey times and quality of rolling stock), historically used in literature and in operational practice for the evaluation of modal distribution, but that they should also take into account the attractiveness of the railway interchange areas for the vehicle plug-in recharging stations offer (hybrids and FEV) sharing services and ancillary services to facilitate modal interchange. Research has subsequently developed a specific methodology to assess the importance of these variables for the study of modal choice with reference to regional rail transport services.

1. Literature analysis

Bibliographic analysis results on the topic of quality improvement (objective and perceived) of regional rail services still show a deficiency in territory management consistent with promoting a more efficient use of the rail system, taking into account the necessary political consensus but also economic efficiency, social equity and functional efficiency.

Coordination between land-use management and performance of the transport system requires ascertaining and evaluating how the town planning choices have a direct impact on transport and can increase the possibilities of accessing opportunities and services necessary to the quality of life.

For some time industry experts are discussing the need of a change in the programming method of interventions

^(*) Università IUAV di Venezia Dipartimento Culture del Progetto.

^(**) Docente Università degli Studi di Firenze [a r.].

^(*) IUAV University of Venice Project Cultures Department.

^(**) Professor University of Florence [a r.].

SCIENZA E TECNICA

sibilità per accedere a opportunità e servizi necessari alla qualità della vita.

Gli esperti di settore stanno discutendo da tempo sulla necessità di un cambiamento nel modo di programmare gli interventi sul territorio e sulla mobilità [60], al fine di migliorare la sostenibilità sia del trasporto passeggeri [17, 35] che di quello merci [10, 25]. Secondo [1], già dagli anni '60 la pianificazione dei trasporti ha sviluppato un metodo scientifico di analisi assumendo l'uso del territorio come input. Tale metodologia ha manifestato nel tempo evidenti limiti di sostenibilità favorendo l'uso dell'autovettura privata ed i suoi elevati costi economici e sociali [5].

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 [57, 60]. In questa situazione gli spostamenti richiedono maggiori percorrenze e il sistema dei trasporti collettivi si presenta poco sostenibile in termini organizzativi ed economici, con l'eccezione di alcuni sistemi a chiamata [48].

Il livello di utilizzo del trasporto pubblico è invece legato alla qualità del servizio e alla disponibilità di strutture adeguate di accessibilità (ad esempio percorsi pedonali e ciclabili, *park-and-ride*, *bike-and-ride*), oltre alla vicinanza delle fermate ai recapiti sul territorio. Il livello di uso dell'auto privata dipende, infatti, dall'esistenza di adeguate alternative: quando il territorio presenta recapiti dispersi e livelli più bassi di densità, la percentuale di uso dell'auto aumenta notevolmente, indipendentemente dal livello di reddito [38].

Tuttavia l'analisi del fenomeno della mobilità negli ultimi dieci anni evidenzia che la domanda di trasporto è stata anche influenzata dai fattori economici (ma anche di maggiore consapevolezza dei costi del trasporto [55]) connessi alla persistente crisi economica europea. Le percorrenze medie degli spostamenti degli italiani, misurate nelle ricerche [31], evidenziano bene gli effetti della crisi economica sulla mobilità.

Alcuni indicatori hanno raggiunto i valori più bassi dal 2000 (anno di avvio delle ricerche AUDIMOB). Si evidenzia pertanto una situazione di crisi ma anche un'opportunità. Il minor uso dell'auto privata e un incremento del trasporto pubblico collettivo in particolare ferroviario possono rappresentare uno scenario da consolidare con opportuni interventi di riqualificazione [5] (fig. 1).

1.1. Qualità ed efficienza del trasporto pubblico collettivo

Pure all'interno di questo contesto, la valutazione della qualità dei servizi di trasporto pubblico è un argomento centrale per intervenire sulla scelta modale degli utenti. Un giudizio negativo sulle prestazioni del trasporto

on the territory and on mobility [60], in order to improve the sustainability of both passenger [17, 35] and commodities transport [10, 25]. According to [1], since the 60's transport planning has developed a scientific analysis method taking land-use as input. Over time this methodology has manifested apparent sustainability limits encouraging the use of private motorcars and its high economic and social costs [5].

The risks of inefficient management of the territory are linked mainly to the effects of the uncontrolled dispersal of generations and attractions of displacements (i.e. places where people live, work and carry out trading and recreation) over a very extended area [57, 60]. In this situation displacements require more travel and the public transport system is not very sustainable in economic and organisational terms, with the exception of some on-call systems [48].

The level of use of public transport is instead linked to the quality of the service and the availability of adequate accessibility facilities (such as pedestrian and cycle paths, park-and-ride, bike-and-ride), in addition to the proximity of the stops to the addresses on the territory. The level of use of private cars in fact depends on the existence of adequate alternatives: when the territory has scattered addresses and lower levels of density, the percentage of use of the car increases noticeably, regardless of the income level [38].

However, analysis of the mobility phenomenon over the past decade shows that transport demand was also influenced by economic factors (as well as increased awareness of transport costs [55]) related to the persistent European economic downturn. The average travel distances of Italians, measured in researches [31], clearly highlight the effects of the economic crisis on mobility.

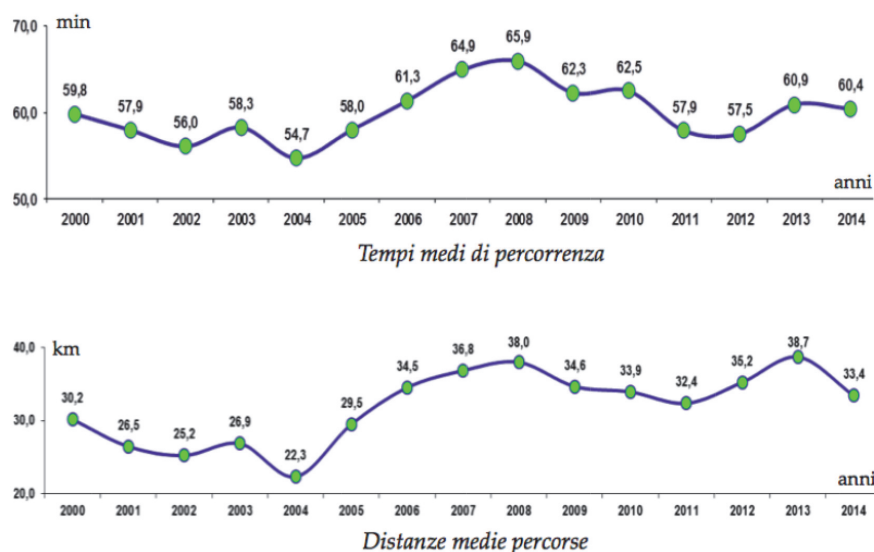
Some indicators reached the lowest values since the year 2000 (year of initiation of the AUDIMOB researches). Therefore a crisis situation but also an opportunity is highlighted. Less use of private cars and an increase in public transport in particular of rail, may represent a scenario to be consolidated with appropriate redevelopment operations [5] (fig. 1).

1.1. Quality and efficiency of collective public transport

The evaluation of the quality of public transport services is a central topic also within this context, in order to intervene on the modal choice of the user. A negative judgement on the performance of public transport⁽¹⁾ [40, 41],

⁽¹⁾ [1] Disregarding the psychological aspects related to the attraction of the car and the unconscious and irrational behaviour by the user. The psychological dependence from car use is a significant factor for modal choice: a large part of citizens affirms that the waiver of the benefits of the car could pose a threat to their quality of life [62]); [2] Ample references can be found in [30] on initial studies; [3] [20] gather a selection of recent significant progress. There are significant contributions from [63, 23, 26] and some funding at European Union level as regards manuals.

SCIENZA E TECNICA



(Fonte - Source [31])

Fig. 1 - Tempi di viaggio e distanze medie.
Fig. 1 - Travel times and average distances.

pubblico⁽¹⁾ [40, 41], con le ben note conseguenze economiche e sociali a livello di esternalità negative [5, 6] è infatti una condizione che incoraggia normalmente le persone all'uso del trasporto privato.

Pur in presenza di analisi non sempre concordi nel giudizio della qualità del trasporto, appare condiviso il giudizio che essa dipenda da come sono valutate le diverse prestazioni: un dato servizio di trasporto pubblico può infatti essere soddisfacente per alcuni aspetti (p.es.: velocità commerciale, comfort) ma allo stesso tempo carente o insufficiente in altri (ad esempio: frequenza e accessibilità). Inoltre, gli spostamenti di breve e di lunga percorrenza possono venire considerati come questioni diverse da parte degli utenti e dunque difficilmente misurati dagli stessi indicatori. Allo stesso modo, le aspettative dei viaggiatori sui modi ferroviari e stradali o fra ore di punta e di morbida sono normalmente diverse.

A proposito, [33] ritengono che le intenzioni di comportamento dei passeggeri si basino in modo significativo sulla loro soddisfazione, la quale è strettamente legata al valore percepito della qualità del servizio. Alcuni altri studi confermano che la soddisfazione del viaggiatore debba essere utilizzata in combinazione con il valore percepito e che quest'ultimo possa essere un migliore indicatore

with the well known social and economic consequences of negative externalities [5, 6] is in fact a condition that normally encourages people to use private transport.

Despite the analysis does not always agree in the judgement of the quality of transport, there is a shared judgement that it depends on how individual performances are assessed: a given public transport service can be satisfactory in some respects (e.g.: commercial speed, comfort) but at the same time deficient or inadequate in others (for example: frequency and accessibility). In addition, short and long distance transfers can be considered as different issues by users and therefore hardly measured by these indicators. Similarly, the expectations of travellers on rail and road modes or between peak and off-peak hours are usually different.

By the way, [33] believe that passenger behaviour intentions are significantly based on their satisfaction, which is closely linked to the perceived value of the service quality. Some other studies confirm that the satisfaction of the traveller should be used in conjunction with the perceived value and that the latter may be a better indicator of intentions to undertake the same journey again with respect to pure satisfaction [18].

A public transport development project is therefore connected to a multiplicity of factors including those historically privileged of performance and low costs, disregarding the overall quality of travel and of interchange hubs that represent the "perceived quality of transport" which the user is no longer willing to give up, having the alternative system of its individual means that, whatever its intrinsic quality, looks like an indispensable minimum standard (unless there are conditions of external constraint like age or low income).

The problem is not only related to possible shortcomings of the offer. In literature there is (at least from the '70s) an in-depth comparison on relations between land use, urban form, socio-economics and organisation of transport [14, 28, 29, 61, 37]. The comparison particularly focused on the relationship between the location choice of residences and workplaces.

A central theme is the relationship between modal choice in transport and forms of urbanisation. Among others, [12] noted that the use of the car and dispersed urbanisation were the symbol of metropolitan growth in the United States, but the same can be said for the development of urban territory in Europe after World War II. Social equity issues also arose: in fact, the rapid suburbanisation in the twentieth century was followed by the increasing concen-

⁽¹⁾ [1] Trascurando gli aspetti psicologici legati al fascino dell'autovettura e i comportamenti inconsci ed irrazionali da parte dell'utenza. La dipendenza psicologica dall'uso dell'automobile è un fattore significativo per la scelta modale: una buona parte dei cittadini sostiene che la rinuncia ai vantaggi dell'auto possa comportare una minaccia per la loro qualità di vita [62]); [2] ampi riferimenti sugli studi iniziali possono essere trovati in [30]; [3], [20] raccolgono una selezione di recenti progressi significativi. A livello di manualistica, sono significativi i contributi di [63, 23, 26] ed alcuni finanziamenti a livello dell'Unione Europea.

SCIENZA E TECNICA

delle intenzioni di intraprendere nuovamente lo stesso viaggio rispetto alla soddisfazione pura [18].

Un progetto di sviluppo del trasporto pubblico è pertanto connesso ad una molteplicità di fattori tra cui storicamente si sono privilegiati quelli delle prestazioni e dei bassi costi, trascurando invece la qualità complessiva del viaggio e dei nodi di interscambio che rappresentano la "qualità percepita del trasporto" cui l'utente non è più disposto a rinunciare, disponendo del sistema alternativo del proprio mezzo individuale, che, qualunque sia la sua qualità intrinseca, si presenta come uno standard minimo irrinunciabile (a meno di condizioni di vincolo esterno tipo l'età o il basso reddito).

Il problema non è però soltanto relativo ad eventuali carenze del sistema dell'offerta. In letteratura è presente (almeno dagli anni '70) un approfondito confronto sulle relazioni tra uso del suolo, forma urbana, socioeconomia ed organizzazione dei trasporti [14, 28, 29, 61, 37]. Il confronto ha in particolare riguardato le relazioni tra la scelta localizzativa delle residenze e dei luoghi di lavoro.

Un argomento centrale è la relazione tra scelta modale nei trasporti e forme di urbanizzazione. Tra gli altri, [12] ha osservato che l'uso dell'automobile e l'urbanizzazione dispersa sono stati il simbolo della crescita metropolitana negli Stati Uniti, ma lo stesso si può dire per lo sviluppo del territorio urbano in Europa dopo la seconda guerra mondiale. Sono nati di conseguenza anche problemi di equità sociale: infatti, alla rapida suburbanizzazione nel XX secolo è seguita la crescente concentrazione della povertà nei quartieri periferici meno sviluppati e meno dotati di servizi [60].

Anche se non esiste una comune o generale definizione di "sostenibilità", "sviluppo sostenibile" o "trasporto sostenibile" sono termini ormai consolidati [62]. È generalmente accettato che lo sviluppo sostenibile (e, in particolare, il trasporto sostenibile) implichi la ricerca di un giusto equilibrio tra qualità ambientali, sociali ed economiche (attuali e future) [65, 49, 34].

I miglioramenti nella qualità della vita collettiva, basati su un trasporto sostenibile, possono tuttavia entrare in conflitto con gli interessi individuali di breve termine [54]. Per questo motivo, i problemi causati dal traffico e dal trasporto possono essere considerati un esempio di un "dilemma sociale"⁽²⁾.

In sintesi la questione dello sviluppo del trasporto pubblico collettivo ed in particolare ferroviario richiede di tenere conto di tre fattori, oltre quelli tradizionali delle prestazioni e dei costi:

tration of poverty in the least developed and least equipped suburbs [60].

Although there is no common or general definition of "sustainability", "sustainable development" or "sustainable transportation" they are consolidated terms [62]. It is generally accepted that sustainable development (and, in particular, sustainable transportation) involves finding the right balance between environmental, social and economic quality (current and future) [65, 49, 34].

Improvements in quality of social life, based on sustainable transport, can however conflict with individual short term interests [54]. For this reason, can problems caused by traffic and transport be considered an example of a "social dilemma?"⁽²⁾.

In summary, the issue of developing collective public and rail transport in particular requires taking into account three factors, besides traditional performance and costs:

- size of the population;*
- territorial density;*
- orderly and sustainable development (use).*

As the analyses carried out show, all three factors involve an efficient public transport accessibility system, quality and safe stations and hubs.

1.1.1. Size of the population

The size of the population normally affects available services, as well as the average length of travel distance on the travel time and the quality of public transport. Diseconomies of scale can occur with larger settlements when the transport time increases beyond a certain limit; additional services, although present, are not readily available.

Central urban areas and high-density cities generally have smaller distances and therefore more modest energy consumption [1], until diseconomies of scale are experienced. However, researches conducted in the U.S. highlight already some contradictions, since the '60s of the past century, in particular when considering different urban forms. Therefore the size of the population cannot be taken as unique variable and independent of modal behaviour.

1.1.2. Territorial density and mobility

Territorial density can be measured in terms of population density, residents and employees in the area [1]. Generally, it is believed that a greater population density should

⁽²⁾ Un dilemma è una scelta fra due opposte soluzioni, ugualmente difficili da prendere. Un dilemma sociale invece si ha quando si è indecisi fra soluzioni che favoriscono sé stessi o la collettività. In questi dilemmi, se si decide di massimizzare i propri guadagni personali, si può danneggiare il gruppo e viceversa. L'aneddoto classico del dilemma sociale è quello detto "del prigioniero".

⁽²⁾ A dilemma is a choice between two opposite solutions, equally difficult to take. There is a social dilemma instead when there is indecision between solutions that foster themselves or the community. In these dilemmas, if one decides to maximise own personal gains, the group can be damaged and vice versa. The classic social dilemma anecdote is the so-called one of "the prisoner".

SCIENZA E TECNICA

- la dimensione della popolazione;
- la densità territoriale;
- lo sviluppo (uso) ordinato e sostenibile del territorio.

Tutti e tre i fattori implicano un sistema di accessibilità al trasporto collettivo efficiente, stazioni e nodi di interscambio di qualità e sicuri, come le analisi svolte dimostrano.

1.1.1. 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 difficilmente disponibili.

Le aree urbane centrali e le città ad alta densità presentano generalmente distanze più contenute e di conseguenza consumi energetici più modesti [1], fino a quando non si verificano diseconomie di scala. Tuttavia ricerche svolte negli USA evidenziavano, già dagli anni sessanta del secolo scorso, alcune contraddizioni, in particolare se si considerano differenti forme urbane. Pertanto la dimensione della popolazione non può essere assunta come variabile univoca e indipendente dei comportamenti modali.

1.1.2. Densità territoriale e mobilità

La densità territoriale può essere misurata in termini di densità di popolazione, di residenti e di numero di addetti nell'area [1]. 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 veicoli a motore privati [54, 52, 60].

Nelle aree più dense è più facile organizzare un trasporto di migliore qualità, con margini di redditività più elevati per gli operatori, che gestiscono una rete più compatta in grado di acquisire maggiori quote di domanda [19]. In tali aree, inoltre, la dipendenza dall'automobile è generalmente inferiore e vi è una maggiore opportunità di uso di percorsi a piedi o in bici [16, 54, 56]. In conseguenza, per promuovere forme di trasporto sostenibile, si dovrebbe agire per raggiungere un livello minimo di densità territoriale integrando lo sviluppo del territorio con le direttrici principali del trasporto ferroviario.

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 fattore è stato collegato al processo di decentramento [24]. Al contrario, le ricerche svolte negli Stati Uniti non individuano alcuna

allow expanding the range of opportunities, relationships and contacts at local level and that therefore displacements can take place more easily without the use of private motor vehicles [54, 52, 60].

In higher density areas it is easier to organise better quality transport, with higher profit margins for operators, who manage a more compact network that can acquire more demand shares [19]. In these areas, in addition, dependence on the car is generally lower and there is a greater opportunity to use walking or cycle paths [16, 54, 56]. As a consequence, to promote sustainable forms of transport, we should act to achieve a minimum level of territorial density by integrating land development with the main rail transport routes.

In Europe, at the metropolitan scale, links between residential density and transfers are very clear. For small cities, as density decreases, links become weaker. This factor has been linked to the decentralisation process [24]. Instead, researches conducted in the United States do not identify any clear relationship between the percentage of car travel for business trips and the population density [27]. The recent debate on this topic includes considerations on the "New Urbanism" [3, 60], where the strategic variable is no longer the density, but the quality of the urban environment as a whole: mixed use of areas, presence of safe and protected places, maintenance of open and collective green spaces and the overall quality of the urban system [54, 58].

1.1.3. Access to transportation networks and nodes

The proximity to transportation networks - roads, public transportation, and pedestrian and cycle paths - influence the patterns of displacement and therefore transport-related energy consumption. Recently, new techniques have been developed on the basis of the quality of transport, where the passenger is the central figure in the process of transportation performance evaluation [11].

For these reasons, the organisation of transport networks, relationships with the territory and the location and quality of public transport stops, affect the perceived overall quality of transport; combined use of subjective and objective measures is therefore necessary in order to act for a more sustainable modal choice in overall terms [50, 2, 8, 20, 7].

In general it can be said that the percentage of car travel increases and that of non-motorised travel decreases for poor punctuality [53] or with poorly coordinated travel schedules [15]. A deciding factor seems to be the distance from the nearest public transport stop [13], as recently confirmed by some of our recent studies, which show that in the Italian region of Veneto a distance of 3 km is generally accepted to use the regional rail system (over 30% of trips), provided that the station is an easy walk, through cycle lanes or bus services (in a time range between 10-15 min) and that one of the main causes of discomfort of passen-

SCIENZA E TECNICA

chiara relazione tra la percentuale di spostamenti in auto per i viaggi di lavoro e la densità di popolazione [27], il dibattito recente su questo tema include considerazioni relative al "New Urbanism" [3, 60], dove la variabile strategica non è più la densità, ma la qualità dell'ambiente urbano nel suo complesso: usi misti delle aree, presenza di luoghi sicuri e protetti, il mantenimento di spazi aperti e verdi collettivi e la qualità complessiva del sistema urbano [54, 58].

1.1.3. Accessibilità alle reti ed ai nodi di trasporto

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. Di recente, nuove tecniche di valutazione sono state sviluppate in funzione della qualità dei trasporti, in cui il passeggero è la figura centrale nel processo di valutazione delle prestazioni del trasporto [11].

Per queste ragioni, l'organizzazione delle reti di trasporto, le relazioni con il territorio e la posizione e qualità delle fermate del trasporto pubblico, influenzano la qualità complessiva percepita del trasporto; è pertanto necessario un uso combinato di misure soggettive e oggettive al fine di agire per una scelta modale più sostenibile in termini complessivi [50, 2, 8, 20, 7].

In generale si può affermare che la percentuale dei viaggi in auto aumenta e quella di spostamenti non motorizzati diminuisce per servizi di scarsa puntualità [53] o con orari di viaggio scarsamente coordinati [15]. Un fattore decisivo sembra comunque la distanza dalla più vicina fermata del trasporto pubblico [13], come recentemente confermato anche da alcuni nostri recenti studi, 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 min) e 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 riveste in alcune situazioni urbane un ruolo importante nella scelta modale [34].

Un'altra questione da affrontare riguarda alcuni punti di vista differenti tra i progettisti del sistema e gli utenti: i primi puntano a definire un'offerta di trasporto su percorsi diretti e integrati con il trasporto pubblico, gli utenti preferiscono percorsi che li avvicinino alle destinazioni e la disponibilità di parcheggi di prossimità. 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 [36, 58, 39].

Appare pertanto necessario un cambiamento di approccio sulle priorità da attribuire ai diversi utenti nell'e-

gers of public transportation may be the lack of perceived safety and that in some situations the gender of users plays an important role in modal choice [34].

Another issue to address is some differing views among the designers of the system and users: the first aim to define a transport offer on direct routes and integrated with public transport, users prefer paths that bring them closer to destinations and availability of proximity parking. There are also differences of scale and speed: walking and cycling paths should be safe and of good quality, if possible, with the separation from cars and with clear support information to the user [36, 58, 39].

Consequently, a change of approach on the priorities to be assigned to different users in the performance of their right to mobility appears necessary. Slow mobility and fast mobility, private transport and collective transport pose very different needs. Among these motorised mobility, fast at least in principle, has had the upper hand until now.

1.2. Individual efficiency and collective efficiency in modal choice

One of the core issues of economic choices is the management of the contradiction between individual assessment of own well being (and subsequent choices) and efficiency and quality of a community as a whole. Objectives but also assessment are often conflicting also generating behavioural paradoxes. These individual and collective attitudes determine several sustainability and social contrast issues that have direct effects on the transport system.

In Italy, the most important metropolitan areas routinely exceed the air pollution limits [22]. In addition, health consequences of other air toxics and particulate matter were recognised late and the issue is being concretely addressed only since a few years [64].

Emissions are not a simple function of distance travelled and speed. Stop-and-go phases are more polluting than a flow at a constant speed and this should focus on congestion control [21]. Even within the industrial response consisting of hybrid vehicles (example mild hybrid or the new 48V), heavy emissions are associated also with low engine temperature ("cold start-up"), so we should avoid short trips that produce greater specific emissions, [32] have shown that emission estimates through mathematical models can indicate much more contained forecasts than real ones. Therefore there is still ongoing research on emission levels as a function of driving behaviours and caution should be taken in the use of traditional estimate models [1].

Contribution of the transport system on the production of greenhouse gases, particularly of CO₂, has hence become a major concern internationally. The problems of quantification and economic assessment [42, 43, 44, 45, 46, 47, 51] still require, however, experimental and methodological insights.

SCIENZA E TECNICA

spletamento 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.

1.2. Efficienza individuale ed efficienza collettiva nella scelta modale

Una delle questioni centrali dell'economia delle scelte è la gestione della contraddizione tra la valutazione individuale del proprio benessere (e le conseguenti scelte) e l'efficienza e la qualità di una comunità nel suo insieme. Gli obiettivi ma anche la valutazione sono spesso contrastanti generando anche paradossi comportamentali. Questi atteggiamenti individuali e collettivi determinano numerosi problemi di sostenibilità e di contrasto sociale che hanno effetti diretti sul sistema dei trasporti.

In Italia, le aree metropolitane più rilevanti superano sistematicamente i limiti di inquinamento dell'aria [22]. Inoltre, le conseguenze sulla salute delle altre sostanze tossiche dell'aria e delle polveri sottili hanno tardato a essere riconosciute e da pochi anni si comincia concretamente ad affrontare la questione [64].

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 [21]. Anche all'interno della risposta industriale costituita dai veicoli ibridi (esempio mild hybrid o i nuovi 48V), le emissioni pesanti sono associate anche con basse temperature del motore ("avviamento a freddo"), pertanto bisognerebbe evitare viaggi brevi che producono maggiori emissioni specifiche, [32] hanno dimostrato che le stime delle emissioni attraverso modelli matematici possono indicare previsioni molto più contenute di quelle reali. Pertanto sono tuttora in corso ricerche sul livello di emissioni in funzione dei comportamenti di guida e si deve usare cautela nell'uso dei modelli tradizionali di previsione [1].

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. I problemi di quantificazione e di valutazione economica [42, 43, 44, 45, 46, 47, 51] richiedono, tuttavia, ancora approfondimenti metodologici e sperimentali.

È intuitivo che l'inquinamento atmosferico e gli incidenti stradali rappresentino costi sociali che evidenziano la contraddizione tra scelte individuali e interesse collettivo [59]. Pertanto il comportamento degli utenti, per essere socialmente sostenibile, deve essere indirizzato verso scelte di trasporto efficienti e di qualità, integrate con intelligenti scelte di sviluppo territoriale, tali da ridurre la dipendenza dall'auto e dai conseguenti effetti negativi.

It is intuitive that air pollution and road accidents represent social costs that highlight the contradiction between individual choices and collective interest [59]. Therefore for the user behaviour to be socially sustainable, it must be addressed towards efficient and quality transportation choices, integrated with intelligent territorial development choices, such as to reduce dependence on the car and the resulting negative effects.

2. A heuristic methodology for forecasting modal choice

2.1. Introducing the Shift-To-Train Model (STT)

The logical and mathematical structure of the Shift To Train model - STT Model was first tested on some lines of central Veneto (8). Subsequently, the logic of the model was reconsidered for debate and new results on a line of the Lazio region and presented at the Safety and railway operation Conference, which took place in Rome on October 2, 2015 [9]. These latest developments will be described and discussed later in this paragraph.

In the formulation of the logical-mathematical model: Shift To Train (STT) Model, the first need, as always, is to identify the parameters that mostly determine the modal choice of users of regional railways (parameters that hereinafter are also called macro-variables or, when there is no possibility of misunderstanding, simply variables). In the spirit of multiple criteria analysis, within which this model finds its natural positioning, in order to reach its concrete definition and its calibration, the quantitative values, weights and relations between them and with mobility must be determined.

2.1.1. List of symbols

Table 1 shows all symbols used in the presentation of the model.

The access time to the station was calculated in the area of influence of each station, simulating the distance by private car and bus on the existing network and assuming an average weighed journey value on the territorial density in each area of influence.

2.1.2. Basic relations

This section defines the most important relations within the model. For the very definition of weight, relation (1) is valid:

$$\sum_i P_i = 1 \quad (1)$$

Taking into account the above equation (1) and the acceptable variation field [0,1] established for K_{is} , at least within the readings and for each station s , the following relation will be checked:

SCIENZA E TECNICA

2. Nuova metodologia di previsione della scelta modale

2.1. Il modello logico-matematico: Shift To Train (STT) Model

La struttura logica e matematica del modello Shift To Train - STT Model è stata dapprima testata su alcune linee del Veneto centrale (8). Successivamente, la logica del modello è stata ridiscussa ed i nuovi risultati calibrati su una linea del Lazio e presentati nel convegno Sicurezza ed esercizio ferroviario, svoltosi a Roma il 2 ottobre 2015 [9]. Questi ultimi progressi saranno descritti e discussi nel seguito di questo paragrafo.

Nella formulazione del modello logico-matematico: Shift To Train (STT) Model, la prima necessità, come sempre, è quella d'identificare i parametri che maggiormente determinano la scelta modale degli utenti delle ferrovie regionali (parametri che nel seguito verranno anche detti macro-variabili o, quando non vi sia possibilità d'equivoco, più semplicemente variabili). Nello spirito dell'analisi multicriterio, nel cui ambito questo modello trova la sua naturale collocazione, per giungere alla sua definizione concreta e alla sua calibrazione, sarà necessario determinare valori quantitativi, pesi e relazioni tra di essi e con la mobilità.

2.1.1. Simbologia

L'intera simbologia utilizzata nella presentazione del modello è riportata nella tabella 1.

Il tempo di accesso alla stazione è stato computato nell'area di influenza di ciascuna stazione, simulando le percorrenze in auto privata e bus sulla rete esistente ed assumendo un valore medio di percorrenza pesato sulla densità territoriale presente in ciascuna area di influenza.

2.1.2. Relazioni fondamentali

In questo paragrafo vengono definite le più rilevanti relazioni interne al modello. Per la definizione stessa di peso, vale la relazione (1):

$$\sum_i P_i = 1 \quad (1)$$

Tenendo conto dell'equazione precedente (1) e del campo di variazione accettabile [0,1] stabilito per le K_{is} , almeno nell'ambito dei valori rilevati e per ogni stazione s , sarà verificata la seguente relazione:

$$\sum_i P_i K_{is} \leq 1 \quad (2)$$

$$\sum_i P_i K_{is} \leq 1 \quad (2)$$

The increase of demand that can be attracted by railway for each station s is defined as the difference between the maximum value of modal choice found throughout the line and the value of modal choice in that same station:

$$\Delta_s^* = H^* - H_s \quad (3)$$

For proper calibration, the values of the three variables of modal behaviour K_{is} that, for each station s , better approach the value of the modal share H_s calculated according to the following expression must be identified:

$$H_s = H^* \sum_i P_i K_{is} \quad (4)$$

2.2. Formulation of the STT model

Research for the model formulation was based on some specific direct surveys. It concerned 600 interviews structured on the characteristics of modal choice of regional rail transport users through interaction within a purposely-built social network group. A second group of about 200 units that was given a questionnaire designed to measure the perceived quality and safety assessment of rail transport and in particular of the stations was added to this first group of respondents.

TABELLA 1 – TABLE 1

Simboli Symbols	
Simbolo Symbol	Significato Meaning
K_i	Macrovariabili che maggiormente influenzano la scelta modale degli utenti <i>Macro-variables that mostly affect the modal choice of users</i>
K_{is}	Indice di prestazione della macrovariabile i nella stazione s <i>Macro-variable i performance index in station s</i>
P_i	Peso attribuito al parametro i <i>Weight given to parameter i</i>
H_s	Quota modale ferroviaria nella stazione s <i>Rail modal share in station s</i>
H^*	Massima quota modale ferroviaria rilevata tra tutte le stazioni <i>Maximum rail modal share found between all stations</i>
Δ_s^*	Massima quota modale ulteriormente attraibile nella stazione s <i>Maximum modal share subsequently attractable in station s</i>
T_s^t	Tempo totale del viaggio utilizzando il treno dalla stazione s [min] <i>Total travel time using the train from station s [min]</i>
T_s^a	Tempo totale del viaggio in automobile alternativo T_s^t <i>Total travel time by car alternate to T_s^t</i>
T_s^p	Tempo di accesso alla stazione s [min] <i>Access time to station s [min]</i>
g_s	Distanziamento medio fra due treni nella stazione s [min] <i>Average distance between two trains in station s [min]</i>
<p>N.B. – Se fosse necessario distinguere i valori osservati da quelli di progetto, si utilizzerebbero uno o due apici. Ad esempio: K'_{is} e K''_{is}.</p> <p>N.B. – If it were necessary to distinguish the values observed from those of the project, one or two apexes would be used. For example: K'_{is} e K''_{is}.</p>	

SCIENZA E TECNICA

L'incremento di domanda attraibile dalla ferrovia per ogni singola stazione s è definito come la differenza tra il massimo valore di scelta modale riscontrato in tutta la linea e il valore della scelta modale in quella stessa stazione:

$$\Delta_s^* = H^* - H_s \quad (3)$$

Per una corretta calibrazione, si dovranno individuare i valori delle tre variabili di comportamento modale K_{is} che, per ogni stazione s , approssimeranno meglio il valore della quota modale H_s calcolato secondo la seguente espressione:

$$H_s = H^* \sum_i P_i K_{is} \quad (4)$$

2.2. Formulazione del modello STT

La ricerca per la formulazione del modello si è basata su alcune specifiche indagini dirette. Si è trattato di circa 600 interviste strutturate sulle caratteristiche della scelta modale degli utenti del trasporto ferroviario regionale, attraverso l'interazione all'interno di un gruppo di un social network appositamente costruito. A questo primo gruppo di intervistati si è aggiunto un secondo gruppo di circa 200 unità cui è stato somministrato un questionario finalizzato a rilevare il giudizio sulla qualità e sicurezza percepiti del trasporto ferroviario ed in particolare delle stazioni.

L'obiettivo delle interviste è stato:

- identificare e calibrare il valore delle variabili cui gli utenti sono maggiormente sensibili;
- stimare il valore del peso delle variabili che meglio descrive il comportamento e il giudizio degli utenti.

Sulla base delle indagini sopra citate sono state identificate le variabili K_i (con $i = 1, 2, 3$) che maggiormente determinano il comportamento modale degli utenti.

I valori attribuiti alle K_i costituiscono il giudizio degli esperti sulla base della differenza tra la situazione desiderata dagli utenti e la situazione osservata.

Il modello usa le tre variabili per simulare il comportamento modale al variare del livello di servizio offerto dal trasporto ferroviario regionale, del miglioramento dell'accessibilità ai nodi stazione e della qualità percepita dagli utenti nella frequentazione delle stazioni e dei luoghi in cui sono inserite [4].

La formalizzazione del modello è semplice in quanto unisce elementi di valutazione qualitativa e quantitativa, espressi dagli utenti, con le caratteristiche consolidate dei modelli di scelta modale basati sulle prestazioni del trasporto. La funzione di scelta modale è calibrata sul singolo corridoio di studio assumendo come limite superiore di scelta del trasporto ferroviario la migliore condizione osservata sullo stesso corridoio. Con questa scelta si è voluta assumere un'analisi di tipo relativo giacché l'applicazione di modelli di "best practice" calibrati su condizioni esterne non terrebbero conto delle specifiche relazioni economico-territoriali esistenti nel caso reale di studio.

The goal of the interviews was:

- identify and calibrate the value of variables to which users are more sensitive;
- estimate the weight of variables that best describes the behaviour and judgement of users.

On the basis of the investigations mentioned above the variables K_i ($i = 1, 2, 3$) that mostly determine modal behaviour of users were identified.

The values attributed to K_i constitute the judgement of the experts on the basis of the difference between the desired situation by users and the situation observed.

The model uses three variables to simulate modal behaviour depending on the level of service provided by regional rail transport, improvement of accessibility to hub stations and quality perceived by users in frequenting stations and places where they are introduced [4].

The formalisation of the model is simple as it combines qualitative and quantitative assessment elements, expressed by users, with the proven characteristics of modal choice models based on transport performance. The modal choice function is calibrated on the single study corridor taking the best condition observed on the same corridor as the upper choice limit of rail transport. With this choice a relative type analysis was taken since the application of "best practice" models calibrated on external conditions would not take into account the specific economic-territorial relations that exist in the real-life case study.

K_{is} values of variables in different stations are subject to constraints related to the performance of transport, accessibility and quality experienced levels as defined by user behaviour and indicated in the findings. The specifications of the three variables are reported below (table 2).

2.2.1. Specifications of macro-variables

1. K_1 - Transport performance and potential market * train frequency:

- distance between origin and destination: train share decreases when the total distance is shorter than a given limit typical of the connection (20-30 km in surveys conducted for regional transport);
- relationship between total travel times on rail and road: competitiveness of rail transport is when the ratio of travel times between rail and road is less than or equal to 1.

2. K_2 - Accessibility and territorial integration:

- accessibility to the station: the investigations show a limit of 20 mins for accessibility (regardless of the transport mode used) beyond which there are very low rail shares. The model was consequently calibrated;
- total travel time: the surveys indicate a total travel time of 80÷90 mins from origin to destination as accepted by users, usually articulated as follows:

SCIENZA E TECNICA

I valori K_{is} delle variabili nelle diverse stazioni sono soggetti a vincoli connessi alle prestazioni del trasporto, ai livelli di accessibilità e alla qualità percepita così come definiti dal comportamento degli utenti e indicati nelle indagini svolte. Seguono le specifiche delle tre variabili scelte (tabella 2).

2.2.1. Specifiche delle macrovariabili

1. K_1 - Prestazioni del trasporto e mercato potenziale * frequenza dei treni:

- distanza tra origine e destinazione: la quota ferroviaria diminuisce quando la distanza totale è inferiore ad un dato limite caratteristico del collegamento (nelle indagini svolte 20-30 km per il trasporto regionale);
- rapporto tra i tempi totali di viaggio in ferrovia e su strada: si ha competitività del trasporto ferroviario quando il rapporto dei tempi di viaggio tra ferrovia e strada è minore o uguale a 1.

2. K_2 - Accessibilità e integrazione territoriale:

- accessibilità alla stazione: le indagini effettuate evidenziano un limite di 20 min per l'accessibilità (indipendentemente dal modo di trasporto utilizzato) oltre il quale si riscontrano valori molto bassi di quota ferroviaria. Di conseguenza si è calibrato il modello;
- tempo totale di viaggio: le indagini effettuate indicano come accettato dagli utenti un tempo totale di viaggio di 80÷90 min da origine a destinazione, mediamente articolato come segue:
 - ✓ un tempo di accessibilità di circa 20 min;
 - ✓ un tempo per la destinazione finale di 10 -o- 20 min;
 - ✓ un tempo a bordo treno di circa 50 min.

Oltre tali valori soglia la quota di utenti che sceglie la ferrovia si riduce a qualche punto percentuale (2-3%). Pertanto agire sui tempi di accessibilità può incrementare in modo significativo l'attrattività del sistema ferroviario senza dover modificare sostanzialmente le relative prestazioni, con conseguenti tempi e costi di investimenti, anche qualora siano essi realizzabili.

3. K_3 - Qualità architettonica e funzionale dei nodi:

- qualità architettonica delle stazioni: illuminazione e pulizia, assenza di percorsi tortuosi e di punti oscuri;
- presidio della stazione: la presenza di persone addette alla stazione e di forme di controllo anche a distanza (telecamere e sistemi automatici di allarme) e la presenza di servizi per l'utente e di attività operative per l'intera giornata e soprattutto dopo il tramonto in grado di creare nella stazione e nelle aree contermini uno spazio urbano vivo e di qualità;
- qualità e sicurezza dei percorsi: la qualità e la sicurezza dei percorsi dai "binari" alle aree esterne (sottopassaggi e collegamenti con i parcheggi), vicinanza e

TABELLA 2 – TABLE 2

Criteri di valutazione del comportamento modale
Evaluation criteria of modal behaviour

Macrovariabile <i>Macro-variable</i>	Descrizione della macrovariabile <i>Description of the macro-variable</i>
K_1	Prestazioni del trasporto (sintetizza le frequenze e i tempi di percorrenza) <i>Transport performance (summarises the frequency and journey times)</i>
K_2	Integrazione modale e territoriale e sua qualità (sintetizza i tempi di accessibilità e i modi di trasporto disponibili) <i>Modal and territorial integration and its quality (summarises accessibility times and transport modes available)</i>
K_3	Qualità fisica (architettura) e funzionale (servizi) del nodo-stazione <i>Physical (architecture) and functional (services) quality of the hub-station</i>

- ✓ accessibility time of about 20 mins;
- ✓ final destination time of 10 -or- 20 mins;
- ✓ on-board train time of about 50 mins.

Beyond these limits, the proportion of users that choose rail is reduced by a few percentage points (2-3%). Therefore acting on accessibility times can significantly increase the attractiveness of the railway system without having to fundamentally alter its performance, resulting in time and investment costs, even if they are feasible.

3. K_3 - Architectural and functional quality of hubs:

- architectural quality of stations: lighting and cleanliness, absence of winding paths and blind spots;
- protection of station: the presence of personnel at the station and even remote control methods (cameras and automatic alarm systems) and the presence of user services and operational activities throughout the day and especially after sunset that can create a vital and quality urban space in the station;
- quality and safety of paths: the quality and safety of paths from "tracks" to outdoor areas (car parks connections and subways), proximity and quality of paths to reach the urban transport system.

2.3. Case study: the Rome-Colleferro railway line

Based on the above logic, formulation, calibration (and its reliability) was first performed on some multimodal corridors of the Veneto region [8] and later on a corridor of the Lazio region. This region was chosen to test the model also in a territorial situation not comparable to that in the Veneto region. Lazio, in fact, is characterised by the presence of centripetal corridors in the metropolitan area of Rome that structure it in such a substantially different way from Vene-

SCIENZA E TECNICA

qualità dei percorsi per raggiungere il sistema di trasporto urbano.

2.3. Il caso di studio: la linea Roma-Colleferro

Sulla base della formulazione logica sopra esposta, la calibrazione (e la sua affidabilità) è stata in primo luogo effettuata su alcuni corridoi plurimodali del Veneto [8] e successivamente su un corridoio della regione Lazio. Si è scelta questa regione per verificare il modello anche in una situazione territoriale non equiparabile a quella nel Veneto. Il Lazio, infatti, è caratterizzato dalla presenza di corridoi centripeti sull'area metropolitana di Roma che lo strutturano in modo sostanzialmente diverso dal Veneto dove, com'è ben noto, si è in presenza di un territorio ad insediamenti diffusi (cfr. la città diffusa secondo la definizione precisata da B. SECCHI in [60]).

Nel caso del Veneto sono state studiate le linee confluenti su Venezia-Mestre da Padova, Treviso e Castelfranco, che corrono abbastanza lontane dai corridoi storici e più urbanizzati. Su queste linee è stato attivato il progetto di Servizio Ferroviario Regionale [SFMR], con incremento delle frequenze dei servizi e alcuni limitati interventi sulle stazioni, ma senza integrare efficacemente il trasporto collettivo su strada che mantiene servizi concorrenziali.

In questa prima sperimentazione è stato calibrato il modello in una forma semplificata, che è stata comunque efficace a ben interpretare il fenomeno della scelta modale del trasporto ferroviario regionale in aree metropolitane diffuse e in presenza di servizi antagonisti non solo privati ma anche di trasporto pubblico su strada.

Studiati nel dettaglio l'accessibilità alle stazioni e la qualità urbana in cui queste sono inserite ed i parametri trasportistici sui modi alternativi si è potuto verificare quanto segue.

I risultati delle elaborazioni effettuate sulla scelta modale in base ai dati del censimento Istat, aggiornati con i dati dei passeggeri saliti e discesi alle stazioni, evidenziano che *il ruolo del trasporto ferroviario regionale sulle direttrici più rilevanti del Veneto Centrale non è marginale*, tuttavia numerose stazioni non possono svolgere un ruolo significativo, perché troppo vicine alla destinazione, risultano in presenza di un trasporto stradale competitivo (sia collettivo con BUS sia con mezzi privati) ed il sistema dell'accessibilità territoriale è fortemente penalizzato.

In questi casi si possono ottenere rilevanti aumenti dei rendimenti ferroviari (riduzione dei tempi di viaggio) con una programmazione dell'esercizio che escluda queste stazioni. La quota di domanda che si può perdere è del tutto marginale, mentre significativi possono essere i nuovi flussi indotti dal miglioramento delle prestazioni.

È risultato inoltre evidente che una delle questioni che penalizza l'uso del trasporto ferroviario regionale è la scarsa integrazione modale con i sistemi stradali. In par-

to where, as is well known, there are widespread settlements in the territory (see the urban sprawl as specified by B. SECCHI in [60]).

In the case of the Veneto region, the lines confluent on Venice-Mestre from Padova, Treviso and Castelfranco were studied, that run quite far from the historic and more urbanised corridors. The Regional Railway Service project [SFMR] was implemented on these lines with increased frequency of services and some limited interventions on the stations, but without effectively integrating public transport by road that preserves competitive services.

In this first experiment a simplified form of the model was calibrated, which was still effective in well interpreting the phenomenon of modal choice of regional rail transport in widespread urban areas and in the presence of not only private but also of public road transport antagonist services.

After studying in detail accessibility to the stations and urban quality in which they are set and transport parameters on alternative ways the following could be verified.

Results of the processing performed on the modal choice based on the Istat census data, updated with the data of the passengers boarded and disembarked at stations, show that the role of regional rail transportation along the routes of Central Veneto is not marginal, however several stations cannot play a significant role, because they are too close to the destination, they are in the presence of competitive road transport (both collective by BUS and by private car) and the system of territorial accessibility is strongly penalised.

In these cases significant rail yield increases can be achieved (travel time reduction) with programming of operation that excludes these stations. The share of demand that can be lost is marginal, while new flows induced by improved performance can be significant.

It is also evident that one of the issues that penalises the use of regional rail transport is the poor modal integration with the road system. In particular the regional bus routes system often offers alternative services to rail and the integration project in the framework of the project of the Metropolitan Regional Rail Service has still not been implemented. But the problem is not only physical integration but also tariff integration that has not yet been implemented in Veneto.

Measures that may reduce access times to the stations are strategically to increase rail flows, having regard to the structure of demand and accepted itineraries.

The increase of services is a key issue. Surveys show that the frequencies of 3 or 4 TPH are closely linked to high rates of use of rail transport.

Improving frequencies without substantial cost increases is possible if the fact that some stations now offer a service rarely used is considered. Cancellation of operation in these stops (especially the closer to destination) can improve service times and at the same time generate possible greater availability of rolling stock.

SCIENZA E TECNICA

ticolare il sistema delle autolinee regionali spesso offre servizi alternativi alla ferrovia e il progetto di integrazione previsto dal Servizio Metropolitano Ferroviario Regionale non risulta ancora attuato. Ma il problema non è solo l'integrazione fisica ma anche quella tariffaria che in Veneto non è ancora attuata.

Le misure che possano ridurre i tempi di accesso alle stazioni sono tra quelle strategiche per un incremento dei flussi ferroviari, vista la struttura della domanda e degli itinerari accettati.

La questione dell'incremento dei servizi è centrale. Le indagini svolte evidenziano come frequenze di 3 o 4 treni/ora sono strettamente legate a percentuali di uso del trasporto ferroviario elevate.

Ottenere un miglioramento delle frequenze senza sostanziali incrementi di costo è possibile se si valuta che alcune stazioni oggi offrono un servizio scarsamente utilizzato. La soppressione dell'esercizio in queste fermate (soprattutto le più prossime alla destinazione) può determinare un miglioramento dei tempi di servizio e contemporaneamente generare una possibile maggiore disponibilità di materiale rotabile.

Tale soluzione, unita al miglioramento dell'accessibilità e all'eliminazione della concorrenza stradale, può pertanto produrre benefici di offerta senza significativi incrementi di costo.

Come ampiamente esposto nel seguito i risultati della seconda calibrazione sul caso della regione Lazio hanno confermato quanto evidenziato nello studio del Veneto e sono risultati anche più soddisfacenti a seguito dei miglioramenti nella formulazione del modello e nella sua calibrazione.

2.4. La linea Roma-Ciampino-Colleferro (FR4 del Lazio)

La tratta ferroviaria Roma Termini-Colleferro costituisce la prima parte della linea Roma-Cassino-Napoli, entrata in servizio tra il 1843 e il 1892; con la realizzazione delle linee via Formia e, recentemente, della linea AV, essa ha visto diminuire la propria importanza come linea per collegamenti a lunga percorrenza. È collegata con la linea AV tramite tre interconnessioni: Sgurgola (al km 67,941), S. Vittore (al km 147,592) e Bivio Caserta Nord (al km 202,395). La linea possiede, presso la stazione di Ciampino, tre diramazioni rispettivamente per Frascati, Albano e Velletri. Infine, essa presenta interscambi con la linea Avezzano-Roccasecca, nonché con la linea per Foggia a Caserta. La Roma-Cassino è classificata come linea "fondamentale", mentre le diramazioni di Albano e Velletri sono classificate fra le linee "a scarso traffico" e quella di Frascati come linea con "esercizio a spola".

I servizi offerti si basano pertanto su treni Regionali e Regionali Veloci di Trenitalia che effettuano qualche servizio diretto fra i due capilinea, mentre la maggior parte effettuano tutte o in parte le fermate intermedie, eccetto

This, combined with the improvement of accessibility and the elimination of road competition, therefore, can offer benefits without a significant increase in cost.

As expressed in detail below the results of the second calibration on the case of the Lazio region confirmed what was noted in the study of the Veneto region and proved to be also the most satisfactory results as a result of improvements in the formulation of the model and its calibration.

2.4. The Rome-Ciampino-Colleferro railway line

The Rome Termini-Colleferro railway route is the first part of the Rome-Cassino-Naples line, which began operating between 1843 and 1892; with the completion of the lines via Formia and, recently, the HS line, it has seen its importance diminish as line for long-distance connections. It is connected to the HS line through three interconnections Sgurgola (at km 67.941), S. Vittore (at km 147.592) and Caserta Nord Junction (at km 202.395). The line has three branches at the Ciampino station, respectively towards Frascati, Albano and Velletri. Finally, it has interchanges with the Avezzano-Roccasecca line, together with the line to Foggia in Caserta. The Rome-Cassino line is classified as "fundamental" line, while the branches of Albano and Velletri are classified among the "low traffic" lines and that of Frascati as line with "shuttle" operation.

The services offered are therefore based on the Trenitalia Regional and Regional Fast trains performing some direct service between the two terminals, while most perform all or some of the intermediate stops, except the stop of Capanne, served only by trains of the Rome-Ciampino-Albano Laziale FR4 line.

In addition to the two corridor terminals (Rome and Colleferro), the main towns along the railway axis were included in the analysis and in any case those whose nearest station does not exceed 6.5 km.

The maximum permissible speed ranges from 90 km/h to 130 km/h with a peak of 140 km/h. The station platforms are at least 250 m long, apart from the Colle Mattia and Colonna Galleria stop.

Three single-track electrified branches to Frascati, Albano and Velletri originate from the main line at Ciampino station.

Fig. 2 shows the diagram that represents the current configuration of the Rome-Colleferro route, highlighting the municipalities concerned by the service.

On a weekday 39 trains are scheduled between 5:21 and 23:14 outbound to Colleferro. The average frequency is therefore equal to approximately 2 trains per hour rising to 4 trains per hour during peak hours.

Also in the direction of Rome, the number of links is 39 and the service is from 4:58 to 22:37; in this case also the average frequency is approximately 2 trains per hour which

SCIENZA E TECNICA

la fermata di Capannelle, servita solamente dai treni della linea Roma-Ciampino-Albano Laziale FR4.

Oltre ai due capilinea del corridoio (Roma e Colleferro), sono stati inclusi nell'analisi i principali comuni presenti lungo l'asse ferroviario e in ogni caso quelli la cui distanza dalla stazione più prossima non supera i 6,5 km.

La velocità massima ammessa varia dai 90 km/h ai 130 km/h con punte di 140 km/h. Le banchine di stazione sono di lunghezza pari ad almeno 250 m, tranne le fermate di Colle Mattia e Colonna Galleria.

In corrispondenza della stazione di Ciampino, dalla linea principale si originano tre diramazioni a binario unico ed elettrificate per Frascati, Albano e Velletri.

Lo schema che rappresenta l'attuale configurazione della tratta Roma-Colleferro, con evidenziazione dei comuni interessati dal servizio è schematizzato in fig. 2.

In un giorno feriale sono previsti 39 treni in direzione di Colleferro tra le 05:21 e le 23:14. La frequenza media è quindi pari a circa 2 treni/h che aumenta a 4 treni/h nelle ore di punta.

Anche in direzione di Roma, il numero di collegamenti è pari a 39 e il servizio viene effettuato dalle 04:58 alle 22:37; anche in questo caso la frequenza media è pari a circa 2 treni/h che diventa 4 treni/h nelle ore di punta, come riassunto nella tabella 3.

I tempi di percorrenza variano tra un minimo di 37 min ed un massimo di 55 min per la direttrice Roma-Col-

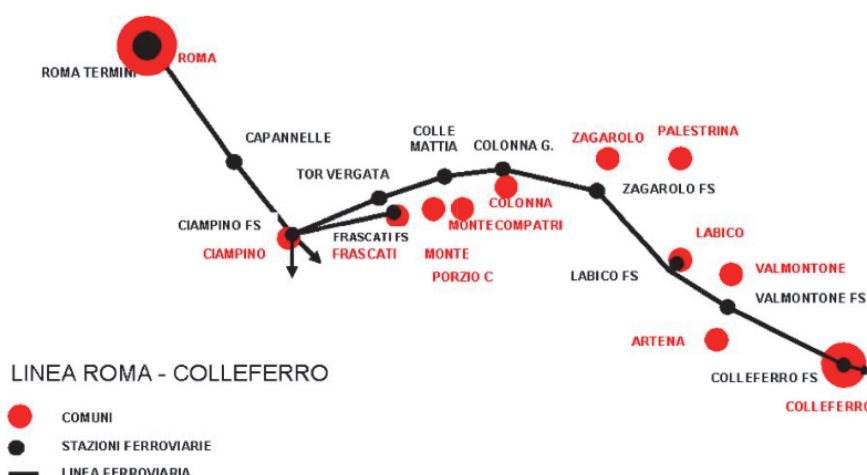


Fig. 2 - La linea ferroviaria Roma-Colleferro e i comuni interessati.
Fig. 2 - The Rome-Colleferro railway line and municipalities concerned.

becomes 4 trains per hour at peak times, as summarised in table 3.

Journey times vary between a minimum of 37 minutes to a maximum of 55 minutes for the Rome-Colleferro route, while they are slightly longer for the Colleferro-Rome route, respectively 42 minutes for the fastest connection and 1 hour and 6 minutes for the slowest.

2.5. Current mobility on the Rome-Colleferro railway line

The estimate of current flows on the line was obtained based on data provided by FS and based on the Istat census:

- data relating to passengers using each station were provided by FS in relation to 2012 and relate to flow monitoring conducted by Trenitalia under the service contract with the Lazio region;
- all data relating to passengers using alternative modes to the rail service (bus, car, motorcycle) were processed on the basis of the commuting data (study and work) available in the mobility census carried out by ISTAT in 2011 in conjunction with the General Population Census. These initial data were properly integrated with the analyses carried out in the research. The data presented do not represent a "statistical source, but an approximation of the phenomenon which should be analysed in depth with specific supplementary surveys on the demand, unfortunately heavily lacking in Italy.

Table 4 shows the estimates of current mobility on the line.

Demand data, as in the case of Veneto, were reconstructed based on the mobility data by mode of transport and Municipality reported in the last ISTAT Census available and updated with the flows of boarded and disembarked passengers.

TABELLA 3 – TABLE 3

Offerta sulla linea Roma-Colleferro
Offer on the Rome-Colleferro line

Tipo di treno Train type	Frequenza Frequency	Durata media del viaggio Average trip duration	Costo del biglietto Ticket cost
	(treni/g) (trains/day)	(h:min) (hr:mins)	(€)
Direttiva Roma → Colleferro Rome → Colleferro Route			
Regionale Regional	35	0:48	3,60
Regionale veloce Fast Regional	4	0:39	3,60
Direttiva Colleferro → Roma Colleferro → Rome Route			
Regionale Regional	36	0:53	3,60
Regionale veloce Fast Regional	3	0:44	3,60

SCIENZA E TECNICA

leferro, mentre sono leggermente maggiori per la direttrice Colleferro-Roma, rispettivamente 42 min per il collegamento più veloce e 1 h e 6 min per il più lento.

2.5. La mobilità attuale sulla linea Roma-Colleferro

La stima degli attuali flussi sulla linea è stata ottenuta sulla base dei dati forniti da FS e sulla base del censimento Istat:

- i dati relativi ai passeggeri che utilizzano ciascuna stazione sono stati forniti da FS relativamente al 2012 e sono relativi al monitoraggio dei flussi condotto da Trenitalia in base al contratto di servizio con la Regione Lazio;
- i dati relativi ai passeggeri che utilizzano modi alternativi al servizio ferroviario (bus, auto, moto) sono stati elaborati sulla base dei dati del pendolarismo (studio e lavoro) disponibili nel censimento della mobilità effettuato dall'ISTAT nel 2011 in concomitanza con il Censimento Generale della Popolazione. Questi dati iniziali sono stati opportunamente integrati con le analisi svolte nella ricerca. I dati presentati non rappresentano pertanto una fonte statistica, ma una approssimazione del fenomeno che andrebbe approfondita con specifiche indagini integrative sulla domanda, purtroppo molto carenti in Italia.

Le stime sulla mobilità attuale sulla linea sono riportate nella tabella 4.

I dati di domanda, come nel caso Veneto, sono stati ricostruiti sulla base dei dati di mobilità per modo di trasporto e Comune riportati nell'ultimo Censimento ISTAT disponibile e aggiornati in base ai flussi di passeggeri saliti e discesi per stazione, forniti da Trenitalia ad ottobre 2013, e con quelli dei servizi di autolinea. I dati per Comune sono stati attribuiti alle singole stazioni simulando le aree di influenza di ciascuna stazione in base al calcolo dei percorsi minimi in tempo ed in distanza (su strada).

L'analisi dei flussi serviti evidenzia come alcune fermate siano decisamente poco utilizzate sebbene inserite in territori fortemente urbanizzati e con importanti recapiti territoriali. Le principali ragioni per queste anomalie in alcune stazioni appaiono le seguenti:

- a Tor Vergata, a causa della quasi totale assenza di servizi di trasporto pubblico che la collegano ai potenziali bacini di utenza costituiti dall'Università e dal Policlinico di Tor Vergata;
- a Colle Mattia, Colonna e Labico, a causa di una do-

Mobilità attuale
Current mobility

Stazioni Stations	Flussi per modo (pax/g) Flow by mode (pers/d)				Quote treno Train share (%)	
	Treno Train	Bus	Auto-moto Car-motorcycle	Totale Total	H _s	Δ _s [*]
Capannelle	1.067	601	2.749	4.417	24,2	11,3
Ciampino	7.150	1.986	14.184	23.321	30,7	4,8
Tor Vergata	1.467	513	3.402	5.382	27,3	8,2
Colle Mattia	1.417	2159	8.103	11.679	12,1	23,3
Colonna Galleria	859	2.908	10.228	13.995	6,1	29,3
Zagarolo	6.626	5.268	15.035	26.929	24,6	10,8
Labico	684	684	1.695	3.063	22,3	13,1
Valmontone	4.229	9.773	15.221	29.224	14,5	21,0
Colleferro-Segni-Palzano	6.316	2.644	8.858	17.818	35,4	0,0
Totale e medie Total and averages	29.815	26.537	79.476	135.829	22,0	13,5

barked passengers by station, provided by Trenitalia in October 2013, and with those of bus services. The data by Municipality were attributed to individual stations, by simulating the areas of influence of each station according to the calculation of minimum paths in time and distance (by road).

The analysis of flows served shows how some stops are clearly scarcely used although inserted in highly urbanised territories and with important territorial contacts. The main reasons for these anomalies in some stations appear to be as follows:

- at Tor Vergata, due to the almost total absence of public transport services connecting it to potential catchment areas constituted by the University and the Policlinico Tor Vergata;
- in Colle Mattia, Colonna and Labico, due to a scattered demand in the territory and to the poor accessibility of facilities;
- for all stations, finally, there is low hub quality.

Another criticality is the irregularity of intervals between trains and, although timing is closer at certain times of the day, they do not offer an equivalent service since they often have different characteristics in terms of stops served, which implies different travel times between them.

$$P_1 = 0,4; \quad P_2 = 0,4; \quad P_3 = 0,2 \quad (5)$$

The research analysed each hub and the territory potentially gravitating on each of them in order to identify the adaptation interventions, consistent with the strategic vari-

SCIENZA E TECNICA

manda dispersa nel territorio e per la scarsa accessibilità degli impianti;

- per tutte le stazioni, infine, si rileva una bassa qualità dei nodi di scambio.

Un'ulteriore criticità è costituita dall'irregolarità degli intervalli tra i treni. Anche se estremamente ravvicinati, in alcuni momenti della giornata, essi non offrono un servizio equivalente dal momento che spesso hanno caratteristiche differenti in termini di fermate servite. Ciò comporta tempi di percorrenza differenti tra di loro.

$$P_1 = 0,4; \quad P_2 = 0,4; \quad P_3 = 0,2 \quad (5)$$

La ricerca ha analizzato ciascun nodo di interscambio ed il territorio potenzialmente gravitante su ciascuno di essi al fine di individuare gli interventi di adeguamento, coerenti con le variabili strategiche costituenti il modello STT e che in questa sede non è possibile riportare per economia di esposizione.

2.6. Calibrazione del modello STT

2.6.1. Attribuzione dei pesi alle variabili

Una volta effettuata l'indagine e sulla base delle risposte ottenute, la prima procedura necessaria è stata quella di attribuire i pesi P_i alle macrovariabili K_i ; con i seguenti risultati.

2.6.2. Calibrazione delle condizioni limite delle macrovariabili

Il campo di variazione delle macrovariabili K_i è opportuno che sia stabilito in $[0, 1]$, per coerenza con il significato di indice attribuito loro. La prima fase della calibrazione è consistita nel determinare quali fossero le condizioni nelle quali fosse corretto attribuire il peggior valore possibile 0, e in quali il migliore possibile 1.

Nella lettura della tabella 5 si rammenti che g_s rappresenta il distanziamento medio tra due treni nella stazione s e i tempi T_s^p , T_s^t , e T_s^a rappresentano rispettivamente il tempo di accesso alla stazione, il tempo totale di viaggio utilizzando il treno alla stazione s e il corrispondente tempo alternativo utilizzando l'automobile.

Nella determinazione dei valori di calibrazione riportati in tabella, sono state determinanti le prestazioni del sistema di accessibilità e la qualità delle stazioni in termini di servizi offerti e qualità dei luoghi (interni alla stazione e nella sua area di influenza).

Una più raffinata determinazione sarebbe possibile mediante una specifica indagine sulle preferenze dichiarate (SP) che però non è stata realizzata perché al di fuori degli obiettivi di questa fase della ricerca, di natura sostanzialmente metodologica e non progettuale.

2.6.3. Stima delle macrovariabili attuali

Il processo di calibrazione e validazione del modello è

TABELLA 5 – TABLE 5

Condizioni limite per le macrovariabili
Limit conditions for macrovariables

Variabili	$K_{is} = 0$ se	$K_{is} = 1$ se
K_{1s}	$g_s > 30 \text{ min}$	$g_s \leq 20 \text{ min}$
	$T_s^p/T_s^a > 1,5$	$T_s^p \leq T_s^a$
	$L_s < 25 \text{ km}$	
K_{2s}	$T_s^p > 20 \text{ min}$	$T_s^p \leq 20 \text{ min}$
	oppure	
	$T_s^t > 45 \text{ km}$	$T_s^t < 30 \text{ min}$
K_{3s}	Giudizio indagine = 0	Giudizio indagine = 5

ables constituting the STT model and that cannot be reported here due to lack of presentation space.

2.6. Calibration of the STT model

2.6.1. Attribution of weights to the variables

Once the survey was carried out and based on the responses obtained, the first step was to assign P_i weights to K_i macro-variables; with the following results.

2.6.2. Calibration of limit conditions of macro-variables

The range of K_i macro-variables should be established in $[0, 1]$, to be consistent with the meaning of index assigned to them. The first calibration phase was to determine what were the conditions under which it was correct to attribute the worst possible value 0, and in which the best possible 1.

In reading table 5 remember that g_s represents the average distance between two trains in station s and the T_s^p , T_s^t , and T_s^a times respectively represent the access time to the station, the total travel time using the train at station s and the corresponding alternate time using the car.

In determining the calibration values reported in the table the accessibility system performance and the quality of stations in terms of services offered and quality of places (inside the station and its area of influence) were decisive.

A more refined determination would be possible through a specific survey on the preferences declared (SP) which, however, was not achieved because outside of the objectives of this phase of the research, substantially with a methodological and not design nature.

2.6.3. Estimate of current macro-variables

The calibration and model validation process was

SCIENZA E TECNICA

stato completato con la stima dei valori delle macrovariabili K'_{is} . I gradi di libertà delle relazioni è tale che sarebbe possibile definire per esse valori che applicate al modello forniscano esattamente le quote modali osservate. La validazione del modello, però, assume un reale significato con la stima delle variabili tramite l'osservazione diretta dei fenomeni che esse sono chiamate a rappresentare e con la loro conferma tramite la lettura ragionata delle interviste.

Nella tabella 6 e in fig. 3 si possono leggere le K'_{is} e la stima del modello delle attuali quote modali H_s . Nella medesima tabella sono riportate, per consentire il confronto, le quote modali rilevate H_s .

Per quanto riguarda i pesi attribuiti alle tre variabili, questi sono stati individuati sulla base dell'importanza relativa attribuita a ciascuna di esse dai passeggeri del servizio ferroviario regionale, rilevata con le indagini dirette già in precedenza citate.

Segue l'illustrazione delle motivazioni che hanno portato alla definizione dei valori numerici attribuiti alle K'_{is} (per facilitarne la lettura si è ommesso il valore dell'indice s della stazione, perché evidente dalla strutturazione della lista, ed anche l'apice).

1. Capannelle

- $K_1=0,8$

Le prestazioni sono accettabili anche se con orario non cadenzato;

- $K_2=0,6$

Accessibilità modesta, piccolo parcheggio, integrazione bus con Cinecittà non ben coordinata;

- $K_3=0,6$

Qualità della stazione e dei luoghi accettabile. Spazi urbani non attrezzati. Stazione isolata.

2. Ciampino

- $K_1=1,0$

Prestazioni ferroviarie buone soprattutto in direzione Roma (per la quale si integrano i servizi della Linea di Cassino e di quelle provenienti da Frascati, Albano e Velletri);

TABELLA 6 – TABLE 6

Stima delle macrovariabili attuali
Estimate of current macro-variables

Stazioni <i>Stations</i>	Variabili attuali <i>Current variables</i>				Elaborazioni <i>Elaborations</i>	
	K'_{1s}	K'_{2s}	K'_{3s}	$\Sigma_i P_i K'_{is}$	H'_s	H_s
Capannelle	0,8	0,6	0,6	0,68	24,1	24,2
Ciampino	1	0,8	0,7	0,86	30,5	30,7
Tor Vergata	0,8	0,7	0,8	0,76	26,9	27,3
Colle Mattia	0,7	0,1	0,1	0,34	12,1	12,1
Colonna Galleria	0,3	0,1	0,1	0,18	6,4	6,1
Zagarolo	0,7	0,65	0,8	0,70	24,8	24,6
Labico	0,8	0,5	0,5	0,62	22,0	22,3
Valmontone	0,7	0,2	0,2	0,40	14,2	14,5
Colleferro-Segni-Palano	1	1	1	1,00	35,4	35,4
Pesi <i>Weights</i>						
	P_1 0,4	P_2 0,4	P_3 0,2			

completed with the estimated values of macro-variables K'_{is} . The degrees of freedom of relations is such that it would be possible to define these values applied to the model to provide exactly the observed modal shares. The model validation, however, takes on a real meaning with the estimate of variables through direct observation of the phenomena that they are called to represent and their confirmation through the reading and understanding of the interviews.

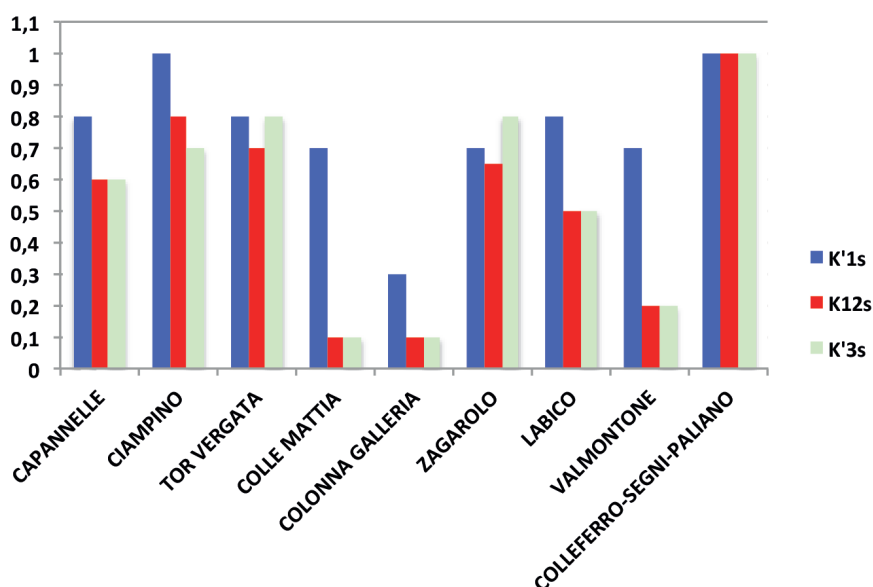


Fig. 3 - Valori di calibrazione delle macro variabili.
Fig. 3 - Calibration values of macro-variables.

SCIENZA E TECNICA

- $K_2 = 0,8$

Poco spazio per aree di parcheggio (di estensione limitata) tuttavia presenti su entrambi i lati della stazione: in piazza Kennedy e all'interno dell'ex scalo merci. Presente l'integrazione con 5 linee bus;

- $K_3 = 0,7$

La stazione è inserita nel tessuto urbano di Ciampino. Di modesta qualità architettonica ma dotata di servizi.

3. Tor Vergata

- $K_1 = 0,8$

Le prestazioni ferroviarie sono buone con frequenze di 15, 20 e 30 min con cadenzamento non fisso e con alcuni intervalli privi di servizi;

- $K_2 = 0,7$

È una fermata. Dispone di un piccolo parcheggio di scambio ed è collegata con il centro di Frascati da un'autolinea urbana. È inserita in un'area direzionale cui sono connessi alcuni servizi;

- $K_3 = 0,7$

La qualità è buona (la stazione è di recente realizzazione) ma mancano servizi al passeggero e dopo il tramonto si manifesta una sensazione di insicurezza.

4. Colle Mattia

- $K_1 = 0,7$

Le prestazioni ferroviarie sono buone con frequenze di 15, 20 e 30 min con cadenzamento non fisso e con alcuni intervalli privi di servizi. Alcuni treni saltano la fermata;

- $K_2 = 0,1$

Dotata di un modesto parcheggio. È inserita in un'area disabitata. Manca nel suo intorno qualsiasi servizio di tipo urbano. Presenti alcuni servizi urbani da e per Monte Porzio e Montecompatri e l'autobus urbano di Roma 054;

- $K_3 = 0,1$

La stazione è dotata di sole emettitrici automatiche non sempre funzionanti. Edificio molto modesto e di scarso livello di manutenzione. Area ad accesso libero e quindi percepita come poco sicura.

5. Colonna Galleria

- $K_1 = 0,3$

Tempi di percorrenza e intervalli tra le corse molto variabili;

- $K_2 = 0,1$

Dotata di due parcheggi, ma senza collegamenti alla rete di trasporto pubblico su gomma. È inserita in un'area disabitata. Manca nel suo intorno qualsiasi servizio di tipo urbano;

In table 6 and in fig. 3 the K_{is} and the estimate of the model of current modal shares H_s can be read. For comparison the same table shows the H_s modal shares observed.

As for the weights attributed to the three variables, these were identified on the basis of the relative importance attributed to each of them by regional rail service passengers, found through direct surveys previously mentioned.

Below is the explanation of the reasons that have led to the definition of the numeric values assigned to K_{is} (for readability the value of the s index of the station was omitted, because obvious from the structuring of the list, and also the apex).

1. Capannelle

- $K_1 = 0,8$

Performance is acceptable even though with no timed schedule;

- $K_2 = 0,6$

Modest accessibility, small parking lot, bus integration with Cinecittà not well coordinated;

- $K_3 = 0,6$

Station and places quality acceptable. Urban spaces are not equipped. Isolated station.

2. Ciampino

- $K_1 = 1,0$

Railway performance good especially in the direction of Rome (for which the services of the Cassino line and of those from Frascati, Albano and Velletri integrate);

- $K_2 = 0,8$

Little room for parking areas (limited extension) however present on both sides of the station: in piazza Kennedy and inside the former goods yard. There is integration with 5 bus lines;

- $K_3 = 0,7$

The station is part of the urban fabric. With low architectural quality but provided with services.

3. Tor Vergata

- $K_1 = 0,8$

Railways services are good with 15, 20 and 30 minute frequencies, with unfixed headway and some intervals lacking services;

- $K_2 = 0,7$

It is a stop. It has a small park and ride and is connected with the centre of Frascati by an urban bus line. It is inserted in an executive area connected to some services;

- $K_3 = 0,7$

The quality is good (the station is newly built) but

SCIENZA E TECNICA

- $K_3 = 0,1$

Fermata a servizio dell'abitato di Colonna, non dispone né di biglietteria né di biglietteria automatica; è dotata, però, di punto vendita di biglietti regionali. Edificio molto modesto e di scarso livello di manutenzione. Area ad accesso libero e quindi percepita come poco sicura;

6. Zagarolo

- $K_1 = 0,7$

Le prestazioni ferroviarie sono buone con frequenze di 15, 20 e 30 min con cadenzamento non fisso e con alcuni intervalli privi di servizi. I tempi di percorrenza per Roma sono molto variabili;

- $K_2 = 0,65$

La stazione è servita dal trasporto pubblico locale e da quello extraurbano del Cotral. È inoltre dotata di parcheggio di scambio a pagamento gestito dal comune e affiancato da altre due aree gestite da privati, sempre a pagamento;

- $K_3 = 0,8$

La stazione è dotata di biglietteria (lunedì - venerdì, 6:15-10:15; 10:30-13:00). L'area della stazione è di livello accettabile ma è inserita in uno spazio extra-urbano privo di servizi;

7. Labico

- $K_1 = 0,8$

Le prestazioni ferroviarie sono buone con frequenze di 15, 20 e 30 min con cadenzamento non fisso e con alcuni intervalli privi di servizi. I tempi di percorrenza per Roma sono "simili" anche se in qualche caso è necessario effettuare un cambio treno;

- $K_2 = 0,5$

La stazione è servita da un parcheggio di scambio gratuito posto non molto vicino. Priva di integrazione con il trasporto pubblico è però collocata in affiancamento alla strada regionale Casilina e quindi è accessibile via auto;

- $K_3 = 0,5$

Fermata non presenziata dotata di punto vendita per biglietti regionali. La qualità della stazione è accettabile, ma è collocata in area poco urbanizzata. Spazi urbani non attrezzati. Stazione isolata.

8. Valmontone

- $K_1 = 0,7$

Buona offerta di servizi ma non cadenzati e con tempi di viaggio molto variabili;

- $K_2 = 0,2$

Fermata posta in prossimità dell'omonimo centro, è dotata di parcheggio di scambio a pagamento, ampio, illuminato ma non attrezzato, e di fermata dei servizi bus

there are no passenger services and after sunset it feels unsafe.

4. Colle Mattia

- $K_1 = 0,7$

Railways services are good with 15, 20 and 30 minute frequencies, with unfixed headway and some intervals lacking services. Some trains skip the stop;

- $K_2 = 0,1$

It has a small parking lot. It is inserted in an uninhabited area. Any urban-type service is missing around it. There are some urban services to and from Monte Porzio and Montecompatri and the 054 Rome city bus;

- $K_3 = 0,1$

The station is equipped only with automatic ticket machines that do not always work. Very modest building and poor maintenance. Free access area and therefore perceived as unsafe.

5. Colonna Galleria

- $K_1 = 0,3$

Journey times and intervals between runs are quite variable;

- $K_2 = 0,1$

Equipped with two parking lots, but without connections to the public road transport network. It is inserted in an uninhabited area. Any urban-type service is missing around it;

- $K_3 = 0,1$

Stop serving the area of Colonna, does not have automatic ticket machines or ticket office; however, it has a regional ticket sales point. Very modest building and poor maintenance. Free access area and therefore perceived as unsafe;

6. Zagarolo

- $K_1 = 0,7$

Railways services are good with 15, 20 and 30 minute frequencies, with unfixed headway and some intervals lacking services. Journey times to Rome are quite variable;

- $K_2 = 0,65$

The station is served by local public transport and extra urban transport by Cotral. It also has a fee-paying park and ride managed by the municipality and flanked by two other areas managed by private individuals, always subject to charges;

- $K_3 = 0,8$

The station has a ticket office (Monday-Friday, 6:15-10:15; 10:30-13:00). The station area is of an acceptable

SCIENZA E TECNICA

extraurbani non integrati col trasporto ferroviario. Scarso integrazione con il tessuto urbano, essenzialmente produttivo e quindi poco vivibile nelle ore serali. Manca un servizio di connessione con gli importanti insediamenti commerciali dell'area;

- $K_3 = 0,2$

Dotata di biglietteria automatica e di punto vendita di biglietti regionali. La stazione non è stata adeguata nel tempo per cui presenta caratteristiche di qualità non urbana (anche se l'edificio si presenta con un buono stato di conservazione). Accessi liberi che rendono gli spazi poco sicuri nelle ore serali.

9. Colferro-Segni-Palio

- $K_1 = 1,0$

Situazione assunta come riferimento in quanto presenta il più alto indice di scelta modale (pari al 35,4%). Le frequenze medie sono mediamente di 12 min anche se anche in questo caso senza un cadenzamento fisso;

- $K_2 = 1,0$

La stazione è anche dotata di ampi parcheggi sulla piazza antistante al fabbricato viaggiatori e di un parcheggio multipiano, tutti a pagamento, nonché di fermata per i bus urbani ed extraurbani (dotata di pensiline e illuminazione posta di fronte alla stazione) per il collegamento con il centro e con i comuni limitrofi. Inserita in un'area che presenta anche insediamenti residenziali;

- $K_3 = 1,0$

Stazione dotata di biglietteria (tutti i giorni, 5:55-9:45; 10:00-13:01; 13:11-15:30; 15:45-20:17), di biglietteria self service e di punti vendita di biglietti regionali. Edificio storico ma ben tenuto e con presenza di vari servizi accessori.

3. Ipotesi di progetto e applicazione del modello

Il modello costituisce un valido ausilio per un sistema delle decisioni che abbia come scopo la progettazione di un servizio di trasporto ferroviario regionale. Come sopra in sintesi richiamato il modello è utile sia per situazioni come quella del Veneto (città diffusa), sia per situazioni come quella del Lazio, nella quale la presenza di Roma è predominante da tutti i punti di vista, con la conseguenza di una mobilità che presenta una decisa caratteristica centripeta verso una metropoli.

3.1. Indicazioni sui primi interventi progettuali

L'analisi congiunta dell'offerta e della domanda e la lettura delle interviste di coloro che usufruiscono e di coloro che non usufruiscono del servizio ferroviario sulla tratta ferroviaria Roma - Colferro, suggeriscono alcuni interventi progettuali che vengono proposti in questo paragrafo. Si tratta d'individuare le stazioni sulle quali è maggiormente lecito attendersi un aumento della quota

standard but is inserted in an extra-urban space without services;

7. Labico

- $K_1 = 0,8$

Railways services are good with 15, 20 and 30 minute frequencies, with unfixed headway and some intervals lacking services. Journey times for Rome are "similar" although in some cases a train change is necessary;

- $K_2 = 0,5$

The station is served by a not very close free park and ride. There is no integration with public transport it is however placed alongside the Casilina regional road and is therefore accessible by car;

- $K_3 = 0,5$

Unattended stop with point of sale for regional tickets. The quality of the station is acceptable, but it is situated in a scarcely urbanised area. Urban spaces are not equipped. Isolated station.

8. Valmontone

- $K_1 = 0,7$

Good range of services but not timed and journey times are quite variable;

- $K_2 = 0,2$

Stop near the same centre, it has a large, lighted but not equipped fee-paying park and ride, and suburban bus services stop not integrated with rail transport. Poor integration with the urban fabric, essentially productive and therefore not liveable in the evening hours. A connection service with important commercial settlements of the area is lacking;

- $K_3 = 0,2$

Equipped with automatic ticket machines and regional tickets sales point. The station was not adapted over time hence it has non-urban quality characteristics (although the building is in good condition). Free access that makes the areas unsafe at night.

9. Colferro-Segni-Palio

- $K_1 = 1,0$

Situation taken as reference as it has the highest index of modal choice (35.4%). Average frequencies are on average 12 mins although even in this case without a fixed headway;

- $K_2 = 1,0$

The station is also equipped with ample parking on the square in front of the passenger building and of a fee-paying multi-storey car park, as well as urban and suburban bus stop (with platform roof and lighting in front of the station) for connection to the city centre and the surround-

SCIENZA E TECNICA

di domanda ferroviaria qualora si operi sulle caratteristiche dell'offerta. In particolare:

- Tor Vergata, integrata con la stazione di Frascati mediante opportuni sistemi di collegamento veloce (si assume nella ricerca che venga di conseguenza chiusa la linea secondaria oggi in esercizio tra Frascati e Ciampino e siano potenziati i servizi sulla linea in esame recuperando risorse e senza maggiori spese);
- Colonna - Galleria, inserita in un tessuto urbanizzato;
- Valmontone, che può svolgere un importante ruolo d'integrazione con l'area commerciale di Valmontone Outlet, adiacente al parco tematico di Rainbow Magicland.

Nonostante la validità di queste indicazioni fornite dal modello, esula dal presente lavoro lo scopo di entrare in una logica progettuale-operativa per realizzare la quale si richiederebbero conoscenze, e soprattutto risorse, a disposizione dell'azienda ferroviaria, senza le quali non sarebbe possibile una ragionevole accuratezza nella valutazione dei benefici e dei costi.

Si ritiene utile però presentare nel paragrafo che segue, le indicazioni che possono essere ragionevolmente ricavate in relazione alla potenzialità del servizio ferroviario di attrarre ulteriore mobilità.

3.2. Possibile aumento della quota modale ferroviaria

Considerando quanto illustrato sopra nel presentare le motivazioni per cui si sono attribuiti i valori di calibrazione alle K'_{is} non ci si può meravigliare della scarsa affezione del pubblico al servizio offerto ed alla preferenza accordata ad altre modalità in più casi. Per aumentare la quota modale ferroviaria è necessario sforzarsi di risolvere le carenze individuate e migliorare il servizio, non solo per le indicazioni che vengono dal modello, ma anche e soprattutto, per dare soddisfazione alle richieste registrate nelle interviste da parte degli stessi utenti e di cui spesso la stampa si fa portavoce.

Nei termini del modello proposto, ci si potrà chiedere quale possa essere l'ulteriore quota di mobilità che potrebbe essere attratta dal servizio ferroviario in seguito ad un aumento della qualità dell'offerta. All'interno del modello, questo significa aumentare il valore delle K_{is} . Ha senso, quindi, chiedersi quale sarebbe la massima quota di domanda ottenibile portando tutte le stazioni al livello di quella di Colleferro che si è presa come riferimento ottimo nel contesto attuale, attribuendo a tutte le K''_{is} un valore pari a 1. Di conseguenza, in ogni stazione, si avrà

$$\sum_i P_i K''_{is} = 1 \quad (6)$$

con la conseguenza che la quota modale ferroviaria, calcolabile con l'equazione (4), sarà pari al 35,4%, ossia al valore H^* riscontrato a Colleferro.

ing municipalities. Placed in an area that also has residential settlements;

- $K_3=1.0$

The station features a ticket office (daily 5:55-9:45; 10:00 -13:01; 13:11 -15:30; 15:45-20:17), self-service ticketing and regional tickets sales points. Historic building but well maintained and with various additional services.

3. Discussion

The model constitutes a valuable aid to a decisions system that has as its purpose the design of a regional rail transport service. As recalled above, in summary the model is useful for situations such as that of Veneto (urban sprawl), and for situations like that of Lazio, where Rome's presence is predominant in all respects, with the consequence of a mobility featuring a strong centripetal feature towards a metropolis.

3.1. First results

The joint analysis of offer and demand and reading of interviews of those who use and those not using the rail service on the Rome-Colleferro railway line, suggest some projects that are proposed in this paragraph. It involves identifying the stations on which it is more reasonable to expect an increase in the share of railway demand should interventions be made on the characteristics of the offer. In particular:

- *Tor Vergata, integrated with the Frascati station through suitable fast transport connections (in the research it is assumed that the secondary line to-date currently in operation between Frascati and Ciampino is consequently closed and that services on the line under study are enhanced recovering resources and without further costs);*
- *Colonna-Galleria, inserted in an urbanised fabric;*
- *Valmontone, which can play an important integration role with the shopping area of Valmontone Outlet, adjacent to the Rainbow Magicland theme park.*

Despite the validity of these guidelines provided by the model, the aim of entering a logic-operational design that would require knowledge, and above all resources at the disposal of the railway company, without which reasonable accuracy in the evaluation of benefits and costs would not be possible, is irrelevant for this work.

It is however useful to present the indications that can be reasonably obtained in relation to the potential of rail service to attract further mobility in the paragraph that follows.

SCIENZA E TECNICA

TABELLA 7 – TABLE 7

Massima quota modale possibile in ferrovia
Maximum possible modal share in railway

Stazioni Stations	Quote modali ferroviarie Rail modal shares		Flussi Flows
	Attuali Current (%)	Incremento Increase (%)	Acquisiti (pax/g) Acquired (pers/d)
Capannelle	24,1	11,3	499
Ciampino	30,5	4,8	1.117
Tor Vergata	26,9	8,2	441
Colle Mattia	12,1	23,3	2.723
Colonna Galleria	6,4	29,3	4.102
Zagarolo	24,8	10,8	2.920
Labico	22,0	13,1	402
Valmontone	14,2	21,0	6.130
Colleferro-Segni-Palio	35,4	0,0	0
Totale Total			18.332

I risultati vengono presentati nella tabella 7, che dovrebbe presentarsi con la stessa struttura della tabella 6, ma nella quale, invece, vengono presentati solo i risultati finali, data l'assoluta banalità della matrice delle K_{is} (formata da valori tutti pari a 1) e dei calcoli che ne derivano.

In linea di principio, nulla impedisce che RFI introduca migliorie sostanziali sulla stazione di Colleferro stessa o su altre portandole a livelli superiori per le quali alle K_{is} sia corretto attribuire valori superiori ad 1, ma, in tal caso, l'uso del modello potrebbe essere considerato un'impropria estrapolazione, almeno senza un ripensamento dello stesso e senza aggiustamenti, probabilmente necessari, alla sua struttura.

3.2. Possible increase in rail modal share

Considering the above when presenting the reasons why the calibration values were attributed to K'_{is} there is no surprise at the poor affection of the public to the service offered and the preference given to other modes in most cases. To increase railway modal share one must strive to resolve the shortcomings identified and improve service, not only for the signs that come from the model, but also and above all, to meet the requests recorded in interviews by the same users, and echoed by the press.

Under the terms of the proposed model, one can ask oneself what could be the additional share of mobility that could be attracted by the train service following an increase in the quality of the offer. Within the model, this means increasing the value of K_{is} . It makes sense, then, asking oneself what would be the maximum share of demand obtainable bringing the level of stations to that of Colleferro taken as reference in this context, attributing a value of 1 to all K''_{is} . Therefore, at each station, there will be

$$\sum_i P_i K''_{is} = 1 \quad (6)$$

with the consequence that the railway modal share, calculated with equation (4), will amount to 35.4%, i.e. the H^* value found in Colleferro.

The results are shown in table 7, which should show up with the same structure as table 6, but in which, instead, only the final results are reported, given the utter banality of the K_{is} matrix (consisting of values all equal to 1) and of the resulting calculations.

In principle, nothing prevents RFI from introducing substantial improvements on the station of Colleferro itself or on others, bringing them to higher levels for which it is correct to attribute values higher than 1 to the K''_{is} , but, in this case, the use of the model could be considered incorrect extrapolation, at least without a second thought and without adjustments, probably needed, to its structure.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] BANISTER D., (2005), "Unsustainable Transport: City Transport in the New Century", Routledge, London, UK.
- [2] BARABINO B., DEIANA E. MOZZONI S., (2013), "The quality of public transport service: the 13816 standard and a methodological approach to an Italian case / La qualità del servizio di trasporto collettivo: lo standard 13816 ed un approccio metodologico ad un caso italiano", Ingegneria Ferroviaria 68 (5), pp. 475-499.
- [3] CALTHORPE P., (1993), "The next American metropolis: ecology, community and the American dream", Princeton Architectural Press, New York, USA.
- [4] CAPPELLI A., (2008), "Intermodal Hubs and The Future of Transport", in M. VIRANO & V. RICCATO (Eds.) Novaroad, a Living Intermodal Bridge for the Territory, pp. 17-20, Arcaedizioni, Milan, Italy.
- [5] CAPPELLI A., (2009), "Il costo sociale del trasporto e della logistica in Italia", Economia dei Servizi 4-3, pp. 371-376.

SCIENZA E TECNICA

- [6] CAPPELLI A., LIBARDO A., (2010), *"Decision Making Support System: The Multicriteria Analysis Application and New Mode"*, In: IUAV-Transport, Territory and Logistics – TTL Research Unit (Ed.), *Feasibility Decisions in Transportation Engineering: Strategies for Transport Evaluation*, pp. 293-328, McGraw-Hill, Milan, Italy.
- [7] CAPPELLI A., LIBARDO A., NOCERA S., (2013), *"Teorie, strategie ed azioni per uno sviluppo efficiente del trasporto regionale / Theories, strategies and actions for the efficient development of regional transit"*, Ingegneria Ferroviaria, Roma, 11/2013.
- [8] CAPPELLI A., LIBARDO A., NOCERA S., (2014), *"A deterministic model for measuring the attraction of the railway, Traffic Engineering and Control 55-3: 51-62."*
- [9] CAPPELLI A., LIBARDO A., NOCERA S., SARDENA A. con ANTIGNOLI M., *"Accessibilità e qualità dei nodi di interscambio per lo sviluppo dei servizi di trasporto ferroviario regionale"*, in SEF15 - Sicurezza ed Esercizio Ferroviario: soluzioni e strategie per lo sviluppo del trasporto ferroviario, a cura di S. IMPASTATO e S. RICCI, Roma ARACNE Editrice, settembre 2015, ISBN: 978-88-548-8772-5.
- [10] CAPPELLI A., NOCERA S., (2006), *"Freight modal split models: data base, calibration problem and urban application"*, WIT Transactions on the Built Environment 89, pp. 369-375. doi: 10.2495/UT060371.
- [11] CARSE A., (2011), *"Assessment of transport quality of life as an alternative transport appraisal technique"*, Journal of Transport Geography 19-5, pp. 1037-1045.
- [12] CERVERO R., (1993), *"Surviving the Suburbs: Transit's Untapped Frontier"*, Access 2, pp. 29-34.
- [13] CERVERO R., (1994), *"Transit-based housing in California: evidence on ridership impacts"*, Transport Policy 1(3): pp. 174-183.
- [14] 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.
- [15] COVIELLO, N., DALLA CHIARA, B., RICCI, S., (2015), *"Scheduling algorithms for rail operations and the automatic generation of timetables: Application for railway capacity and perturbation evaluation / Generazione automatica di orari ed applicazioni di algoritmi di programmazione per lo studio di capacità e perturbazioni di linee ferroviarie"*, Ingegneria Ferroviaria, Volume 70, Issue 10, pp.787-820.
- [16] CRANE R., (1996), *"Cars and drivers in new suburbs: Linking access to travel in neo-traditional planning"*, Journal of the American Planning Association, 62(1), pp. 51-65.
- [17] CURTIS C., (2007), *"Planning for sustainable accessibility: the implementation challenge"*, Transport Policy 15, pp. 104-112.
- [18] DELL'OLIO L., IBEAS A., CECIN P., (2011), *"The quality of service desired by public transport users"*, Transport Policy 18, pp. 217-227.
- [19] DITTMAR, OHLAND G., (2004), *"The new transit town: best practices in transit-oriented development"*, Island Press, Washington, DC, USA.
- [20] EBOLI L., MAZZULLA G. (2015), *"Relationships between rail passengers' satisfaction and service quality: a framework for identifying key service factors"*, Public Transport 7 (2), pp. 185-201.
- [21] ECOTEC, (1993), *"Reducing Transport Emissions Through Land Use Planning"*, HMSO, London, UK.
- [22] Euromobility, (2012), *"La mobilità sostenibile in Italia: indagine sulle principali 50 città"*, Rome, Italy.
- [23] European Committee for Standardization [ECS], (2002), *"Transportation - logistics and services -public passenger transport - service quality definition, targeting and measurement"*.
- [24] EWING, (1997), *"Is Los Angeles-Style Sprawl Desirable?"*, Journal of the American Planning Association 63, pp. 95-126.
- [25] FORNASIERO E., LIBARDO A., (2010), *"Intercontinental freight transport impacts: Modeling and measuring choice effects"*, WIT Transactions on Ecology and the Environment 136, pp. 211-222.
- [26] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen [FGSV] (2005), *"Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung (RIN) "*, Cologne, Germany.

SCIENZA E TECNICA

- [27] GORDON P., KUMAR A., RICHARDSON H.W., (1989), "Congestion, changing metropolitan structure and city size in the United States", *International Regional Science Review*, 12(1), pp. 45-56.
- [28] HANSON S., (1982), "The determinants of daily travel-activity patterns: relative location and socio-demographic factors", *Urban Geography* 3(3), pp. 179-202.
- [29] HEADICAR P., CURTIS C., (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.
- [30] HENSHER D.A., (Ed.), (1985), "Competition and Ownership of Public Transit", a Special Issue of *Transportation Research* 19(1).
- [31] ISFORT (2014), "La domanda di mobilità degli Italiani", dati congiunturali 2014 Online at: http://www.isfort.it/sito/statistiche/Congiunturali/Annuali/RA_2014.pdf.
- [32] KEAN A., 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.
- [33] LAI W.-T., CHEN C.-F., (2011), "Behavioral intentions of public transit passengers - The roles of service quality, perceived value, satisfaction and involvement", *Transport Policy* 18, pp. 318-325.
- [34] LIBARDO A., NOCERA S. (2012), "Exploring the Perceived Security in Transit: The Venetian Students, Perspective", *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 155, pp. 943-954.
- [35] LITMAN T., (2003), "Sustainable transportation indicators", Victoria Transport Policy Institute, Victoria, BC, Canada. Available from www.vtpi.org.
- [36] MARSHALL S., (2005), "Streets and Patterns", Routledge, London, UK.
- [37] MARSHALL S., BANISTER D., (2006), (Eds.), "Land Use and Transport Planning: European Perspectives on Integrated Policies", Elsevier, London, UK.
- [38] MAYA M.M., (2008), "Transportation Planning and the Prevention of Urban Sprawl", *New York University Law Review* 83: 879-910.
- [39] NUQ (2014), "New Urban Question, Ricerche sulla città contemporanea 2009-2014", Dipartimento Culture del Progetto Iuav Venezia, a cura di Lorenzo FABIAN. http://www.dcp-iuav.it/wp-content/uploads/2014/02/new_urban_question.pdf
- [40] NOCERA S., (2010), "Un approccio operativo per la valutazione della qualità nei servizi di trasporto pubblico / An Operational Approach for Quality Evaluation in Public Transport Services", *Ingegneria Ferroviaria* 65-4, pp. 363-383.
- [41] NOCERA S. (2011), The key role of quality assessment in public transport policy. *Traffic Engineering & Control* 52-9: 394-398
- [42] NOCERA S., CAVALLARO F., (2012), "Economical Evaluation of Future Carbon Impacts on the Italian Highways", *Procedia - Social and Behavioral Science* 54. pp. 1360-1369.
- [43] NOCERA S., CAVALLARO F., (2014), "A methodological framework for the economic evaluation of CO₂ emissions from transportation", *J. Adv. Transp.* doi: 10.1002/atr.1249.
- [44] NOCERA S., CAVALLARO F., (2016a), "The Competitiveness of Alternative Fuels in Transport for CO₂ Emissions", *Transport Policy* 50: 1-14. doi: 10.1016/j.tranpol.2016.05.013
- [45] NOCERA S., CAVALLARO F., (2016b), "Valuation of Well-to-Wheel CO₂ Emissions from Freight Transport along the main Transalpine Corridors", *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 47: 222-236. doi: 10.1016/j.trd.2016.06.004
- [46] NOCERA S., TONIN S., CAVALLARO F., (2015), "The economic impact of greenhouse gas abatement through a meta analysis: Valuation, consequences and implications in terms of transport policy", *Transport Policy* 37: 31-43. doi: 10.1016/j.tranpol.2014.10.004.
- [47] NOCERA S., TONIN S., (2014), "A Joint Probability Density Function for reducing the Uncertainty of Marginal Social Cost of Carbon Evaluation in Transport Planning", *Advances in Intelligent Systems and Computing* 262, pp. 113-126, DOI: 10.1007/978-3-319-04630-3_9.

SCIENZA E TECNICA

- [48] NOCERA S., TSAKARESTOS A., (2004), *"Demand responsive transport systems for rural areas in Germany - an overview of the projects MOBINET and MOB2"*, Traffic Engineering & Control, 45-10: 378-383.
- [49] OECD (1996), *"Towards Sustainable Transportation"*, OECD Publications, Paris, France.
- [50] PETRUCELLI, U., (2011), *"The perceived quality of the local public transit: A multi-criteria model to select improvement scenarios / La qualità percepita nel trasporto pubblico locale: Un modello multicriteri per la selezione di scenari migliorativi"*, Ingegneria Ferroviaria 66 (9), pp. 717-744.
- [51] PETRUCELLI U., SUPINO A., (2015), *"Document Guidelines of some European countries for the assessment of transport externalities / Indirizzi di alcuni paesi UE per la valutazione delle esternalità dei trasporti"*, Ingegneria Ferroviaria 70 (3), pp. 267-288.
- [52] POWER A., (2012), *"Social inequality, disadvantaged neighborhoods and transport deprivation: an assessment of the historical influence of housing policies"*, Journal of Transport Geography 21: 39-48.
- [53] ROTOLI F., RICCI S., CAWOOD E.N., MALAVASI G., (2015), *"Capacity versus punctuality assessment procedures and accessibility measures for rail networks / Procedure di valutazione di capacità/Puntualità e misure di accessibilità per reti ferroviarie"*, Ingegneria Ferroviaria Volume 70, Issue 12, pp. 1011-1040.
- [54] SARDENA A., (2011), *"Abitare fuori casa: per una prossemica dello spazio pubblico"*, PhD Thesis at IUAV University of Venice, Italy.
- [55] SARDENA A., CAPPELLI A., (2012), *"Tecnologie e pianificazione dei trasporti per ridurre i costi del trasporto privato - Transport Technologies and Land Use Planning for reduce the impact of private transport costs for households and the economy of European countries"*, in: PreAtti della IX iennial of European Towns and Towns Planner, Genoa, September 14-17TH 2011 - 2012 INU Edizioni.
- [56] SARDENA A., CAPPELLI A., (2014-a), *"La sicurezza negli spazi pubblici urbani: gli itinerari ciclabili in presenza di mini-rotatorie"*, In: F. GIULIANI (a cura di), *"L'utente debole nelle intersezioni stradali"*, Studi e ricerche per la sicurezza stradale del pedone, del ciclista e delle persone con disabilità, EGAF Edizioni, Forlì 2014.
- [57] SARDENA A., DE MATTEIS M., (2010), *"Spazio pubblico e modelli urbani (ir)riconoscibili"*, Planum – The European Journal Urbanism.
- [58] SARDENA A., (2014-b), *"Densità di spazi e qualità urbana"*, in: A. MARIN – M. DE MATTEIS (a cura di), *"Nuove qualità del vivere in periferia. Percorsi di rigenerazione nei quartieri residenziali pubblici"*, EDICOM Edizioni, Monfalcone 2014.
- [59] SARDENA A., NORSIA A., (2012), *"Finanziamento, progetto e qualità degli interventi"*, in: AA.VV (a cura di), *"Abitare il futuro 2012"*, Clean Edizioni, Napoli.
- [60] SECCHI B., (2014), *"La città dei ricchi e la città dei poveri"*, Laterza Edizione 2014, Collana: Anticorpi - ISBN: 9788858106648.
- [61] STEAD D., (2001), *"Relationships between land use, socio-economic factors and travel patterns in Britain"*, Environment and Planning B 28(4): 499-528.
- [62] STEG L., GIFFORD R., (2005), *"Sustainable transportation and quality of life"*, Journal of Transport Geography 13-1, pp. 59-69.
- [63] Transportation Research Board [TRB] (2003), *"Transit Capacity and Quality of Service Manual 2nd Edition"*, Washington, D.C., U.S.A.
- [64] UHEREK E. et Alii, (2010), *"Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport"*, Atmospheric Environment 44-37, pp. 4772-4816.
- [65] World Commission on Environment and Development, (WCED) (1987), *"Our common future"*, Oxford University Press, Oxford, UK.

SCIENZA E TECNICA

Sommaire

RÉSULTATS D'UN MODÈLE EURISTIQUE POUR L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES SYSTÈMES DE TRANSPORT FERROVIAIRE

L'objectif de cette recherche est l'identification des relations et des variables décisives qui lient l'amélioration du service à la demande engendrée dans le secteur des services ferroviaires régionaux. Les résultats obtenus mettent en évidence que les variables efficaces et pas seulement celles concernant la qualité intrinsèque du service ferroviaire (fréquence, temps de parcours et qualité du matériel roulant), historiquement utilisées en littérature et dans la pratique opérationnelle pour l'évaluation de la répartition modale, mais que ces-là tiennent compte aussi de l'attraction des aires d'échange de compétence du chemin de fer pour l'offre de places de recharge pour des véhicules "plug-in" (hybrides et FEV), ainsi que pour l'offre de services de "sharing" et accessoires facilitant l'échange modale. La recherche a en conséquence développé une méthodologie spécifique pour pondérer l'importance de ces variables pour l'étude du choix modale avec référence aux services de transport ferroviaire et régional.

Zusammenfassung

EIN HEURISTISCHES MODEL ZUR BEWERTUNG VON QUALITÄTSNIVEAU DER REGIO-BAHNSYSTEMEN

Forschungsziel ist die Identifizierung der Entscheidung großen und deren wechselseitigen Verbindungen, die die Betriebsverbesserung und Nachfrageentwicklung in Regio-Bahnnetzen beeinflussen. Die Gewonnenen Resultate verdeutlichen daß die wirk-same Größen sind nicht nur Eide die den normal Betrieb charakterisieren (Geschwindigkeit, Frequenz usw.) nach der heutigen Praxis. Tatsächlich müssen auch andere Größen, wie Parkinareas, Dienststellen für besonderen Fahrzeugen (Hybride oder FEV), "Car sharing" Stellen usw. Die Forschung hat die Entwicklung eines Verfahren ermöglicht zur relativen Gewichten aller Größen die die Wahl der Benutzer beeinflussen können, besonders im Fall der Regio-Bahnsystemen.

INSERZIONI PUBBLICITARIE SU "INGEGNERIA FERROVIARIA"

- Materiale richiesto:** CD con prova colore, file in formato TIFF o PDF con risoluzione 300 DPI salvati in quadricromia (CMYK)
c/o CIFI – Via G. Giolitti 48 – 00185 Roma
Indirizzo e-mail: redazionetp@cifi.it
- Misure pagine:** I di Copertina mm 195 x 170 (+ 3 mm di smarginato per ogni lato)
1 pagina interna mm 210 x 297 (+ 3 mm di smarginato per ogni lato)
1/2 pagina interna mm 180 x 120 (+ 3 mm di smarginato per ogni lato)
- Consegna materiale:** almeno 40 giorni prima dell'uscita del fascicolo
- Variatione e modifiche:** modifiche e correzioni agli avvisi in corso di lavorazione potranno essere effettuati se giungeranno scritte entro 35 giorni dalla pubblicazione

"FORNITORI DEI PRODOTTI E SERVIZI"

A richiesta è possibile l'inserimento nei "Fornitori di prodotti e servizi" pubblicato mensilmente nella rivista.

Per informazioni:

C.I.F.I. – Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani – Via G. Giolitti, 48 – 00185 Roma
Sig.ra MANNA Tel. 06.47307819 – Fax 06.4742987 – E-mail: redazionetp@cifi.it

C.I.F.I. – Sezione di Milano – P.za Luigi Di Savoia, 1 – 20124 Milano
Sig. RIVOIRA Tel. 339-1220777 – 02.63712002 – Fax 02.63712538 – E-mail: segreteria@cifimilano.it