



La valutazione degli investimenti in opere pubbliche attraverso l'analisi costi-benefici: un'applicazione alla riqualificazione della linea ferroviaria Formia-Gaeta

The evaluation of public investments according to the cost-benefit analysis: an application to the Formia-Gaeta railway line

Armando CARTENI^(*)
Ilaria HENKE^(**)

Sommario - Non sempre un processo decisionale che coinvolge un sistema di trasporto porta a prendere scelte razionali. Esiste una sindrome nota in letteratura come “*planning fallacy*”, secondo la quale i tecnici della pianificazione sono portati a sovrastimare i benefici che produrrà un’opera e/o sottostimarne i costi per la sua realizzazione e gestione. La conseguenza diretta di questa sindrome è quella di giungere al finanziamento di opere talvolta “non necessarie” ovvero meno utili e condivise di altre. Nel novembre 2016 il Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti ha redatto le “Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche” che, coerentemente con le linee guida europee, puntano a garantire una più efficiente ed efficace pianificazione delle infrastrutture di trasporto in Italia. A partire da queste considerazioni, finalità dello studio è stata quella di applicare le recenti linee guida alla redazione di un’analisi costi-benefici relativa alla riqualificazione della storica Linea ferroviaria Formia-Gaeta localizzata in un’area, quella turistica del basso Lazio, che soffre oggi di grandi problemi di congestione stradale e che risulta priva di adeguati servizi di trasporto collettivo.

1. Premessa

La storia della rete ferroviaria italiana è lunga e prestigiosa. La prima linea risale al periodo del Regno delle Due Sicilie, e precisamente al 1839 quando fu inaugurata la ferrovia Napoli-Portici, seguita dalla linea Milano-Monza costruita nel 1840 in soli 10 mesi (un primato per l’epoca). In questa epoca fu anche costruito il primo ponte ferroviario di collegamento tra Mestre e la Laguna di Venezia, lungo oltre 3 km e composto da 234 arcate [1],

Summary - Not always a decision-making process involving the transport system leads to making rational choices. There is a syndrome known in the literature as “*planning fallacy*”, according to which planners overestimate the benefits that an intervention will produce and/or underestimate the costs for its realisation and maintenance. The direct consequence of this syndrome is the implementation of “unnecessary” interventions or less useful and shared than others. In November 2016, the Italian Ministry of Infrastructure and Transport drew up the “Guidelines for the evaluation of investments in public works” which, in line with European guidelines, aim to guarantee more efficient and effective transport planning in Italy. Starting from these considerations, the aim of the study was to apply the recent Italian guidelines for drafting a cost-benefit analysis relating to the redevelopment of the historical Formia-Gaeta railway line located in the tourist area of Lazio region (centre of Italy), which suffers from traffic congestion problems and which is lacking in adequate public transport services.

1. Preamble

The history of the Italian railway network is long and prestigious. The first line dates back to the period of the Kingdom of the Two Sicilies, and precisely to 1839 when the Naples-Portici railway was inaugurated, followed by the Milan-Monza line built in 1840 in just 10 months (a record for that time). In this era, the first railway bridge connecting Mestre and the Venice Lagoon was built, over 3 km long and composed of 234 arches [1], a true work of engineering art. In the collective imagination, the development of the railway network has represented the emblem of national unity.

^(*) Università degli Studi della Campania “Luigi Vanvitelli”.

^(**) Università degli Studi di Napoli “Federico II”.

^(*) University of Campania “Luigi Vanvitelli”.

^(**) University of Naples “Federico II”.

una vera opera d'arte d'ingegneria. Lo sviluppo della rete ferroviaria ha rappresentato, nell'immaginario collettivo, l'emblema dell'unità nazionale.

All'atto dell'unificazione d'Italia nel 1861, la rete ferroviaria era lunga circa 3 mila km. Negli anni seguenti, fu estesa fino ad arrivare, nel 1930, ad oltre 20 mila km, tra rete di Ferrovie dello Stato ed altre ferrovie secondarie [2]. Gli anni successivi alla Seconda guerra mondiale, quelli del boom economico, hanno rappresentato un periodo di stallo per lo sviluppo della ferroviaria a vantaggio della costruzione di nuove strade e autostrade. Bisogna attendere gli anni '70, per avere nuove importanti realizzazioni come la Direttissima Firenze-Roma che ha rappresentato la prima linea "veloce" del Paese, sino alla realizzazione della rete dell'Alta Velocità (AV), inaugurata il 14 dicembre del 2008 che è risultata senza dubbio la "più importante innovazione nel sistema trasporti italiano negli ultimi decenni, così come lo furono le autostrade negli anni '60 e '70" [3].

Oggi il patrimonio ferroviario italiano conta circa 20 mila km di rete in esercizio (tra tratte di proprietà statale gestite dalla società Rete Ferroviaria Italiana e tra tratte di proprietà regionale gestite da altre società di capitali pubblici e privati) ma molte tratte negli anni sono state dismesse e risultano in stato di abbandono e degrado. Molte di queste si trovano in aree a bassa se non bassissima accessibilità trasportistica e potrebbero rappresentare una valida alternativa al trasporto stradale. È questo il caso di alcune aree a vocazione turistica dal Paese oggi caratterizzate da elevati flussi di domanda in periodi concentrati dell'anno (es. estate, inverno), limiti di capacità del trasporto stradale e servizi di trasporto collettivo di bassa qualità se non addirittura assenti.

Per ovviare a queste criticità e rilanciare il turismo del nostro Paese, il Ministero dei Trasporti nell'Allegato Infrastrutturale al Documento di Economia e Finanza del 2017 e 2018 pone tra i programmi strategici la "valorizzazione turistica delle ferrovie minori".

L'Italia, ricca di siti turistici, ha diversi esempi di ferrovie storiche in attività che hanno come fine principale quello di rendere più accessibili i siti turistici. Esempi di successo sono sicuramente: la Ferrovia Circumetnea che dal 1880 collega i Comuni intorno al vulcano Etna in Sicilia; la linea Sulmona-Castel di Sangro, soprannominata "la Transiberiana d'Italia" per il suggestivo panorama che si può ammirare durante il viaggio, che attraversa alcuni altopiani d'Abruzzo; la ferrovia Lucca-Aulla, inaugurata nel 1892, che collega la città di Lucca e, attraversando i territori della Garfagnana e della Lunigiana, si congiunge alla ferrovia Pontremolese ad Aulla; il Bernina Express che congiunge l'Italia con la Svizzera attraverso un suggestivo tracciato che passa per Tirano, Sant Moritz e Coira (inclusa nel 2008 nell'elenco dei Patrimoni dell'umanità dall'UNESCO).

A partire da queste considerazioni, finalità del presente studio è stata quella di investigare sull'utilità socia-

When Italy was unified in 1861, the railway network was about 3000 km long. In the following years, in 1930, it was extended to reach over 20 thousand km, between the network of State Railways and other secondary railways [2]. The years following the Second World War, those of the economic boom, have represented a period of stalemate for the development of the railway to the advantage of the construction of new roads and motorways. We must wait until the '70s, for new important achievements like the Direct Florence-Rome line which represented the first "fast" line in the country, until the construction of the High Speed (HS) network, inaugurated on December 14, 2008 that is undoubtedly the "most important innovation in the Italian transport system in recent decades, as were the motorways in the '60s and '70s" [3].

Today the Italian railway heritage has about 20 thousand km of network in operation (between state-owned sections managed by the company Rete Ferroviaria Italiana and between regional ownership sections managed by other public and private capital companies) but many routes over the years have been abandoned and are in a state of neglect and degradation. Many of these are in areas with low if not very low transport accessibility and could represent a valid alternative to road transport. This is the case in some tourist areas of the country that today are characterised by high demand flows in concentrated periods of the year (e.g. summer, winter), road transport capacity limits and low quality if not even absent collective transport services.

To overcome these problems and relaunch the tourism of our country, the Ministry of Transport places the "tourist enhancement of minor railways" among the strategic programmes in the Infrastructural Annex to the 2017 and 2018 Economic and Finance Document.

Italy, rich in tourist sites, has several examples of historic railways in activity whose main purpose is to make tourist sites more accessible. Examples of success are surely: the Circumetnea Railway which since 1880 connects the Municipalities around the Etna volcano in Sicily; the Sulmona-Castel di Sangro line, nicknamed "the Trans-Siberian of Italy" for the evocative panorama that can be admired during the journey, which crosses some plateaus of Abruzzo; the Lucca-Aulla railway, inaugurated in 1892, which connects the city of Lucca and, crossing the territories of Garfagnana and Lunigiana, joins the Pontremolese railway in Aulla; the Bernina Express that connects Italy with Switzerland through a suggestive route that passes through Tirano, Saint Moritz and Coira (included in the list of World Heritage Sites in 2008 by UNESCO).

Starting from these considerations, the purpose of this study was to investigate the social utility of the redevelopment, according to high quality standards [4], [5], of the currently abandoned historic Formia-Gaeta [6] line (part of the Sparanise-Gaeta line inaugurated in 1892) which, located in an area with a strong tourist vocation, that of lower Lazio, today suffers from major road congestion problems [7] and lacks quality collective transport.

le di riqualificare, secondo elevati standard qualitativi [4], [5], la linea storica attualmente dismessa Formia-Gaeta [6] (parte della linea Sparanise-Gaeta inaugurata nel 1892) che, localizzata in un'area a forte vocazione turistica, quella del basso Lazio, oggi soffre grandi problemi di congestione stradale [7] ed è priva di un trasporto collettivo di qualità.

Numerosi sono i metodi quantitativi che, noti gli obiettivi ed i vincoli, permettono di valutare l'utilità sociale e confrontare opere pubbliche; tra queste le più utilizzate sono [8]: l'analisi dei costi di conformità (*cost assessment*), l'analisi degli oneri amministrativi (*standard cost model*), l'analisi costi-efficacia (ACE), l'analisi costi-benefici (ACB), l'analisi del rischio (*risk assessment*), l'analisi rischio-rischio (*risk-risk analysis*), l'analisi multi-criteriale (AMC). Ciascuna tecnica presenta punti di forza e debolezze specifiche e per tale motivo non esiste un metodo chiaramente dominante sugli altri.

Nel novembre 2016 il Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti ha redatto le "Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche" che, coerentemente con le linee guida europee [9], [10], [11], punta a garantire una più efficiente ed efficace pianificazione delle infrastrutture di trasporto in Italia tramite l'applicazione dell'analisi costi-benefici che probabilmente rappresenta oggi la metodologia di valutazione e confronto di opere di pubblica utilità più condivisa e per la quale più ricca risulta essere la bibliografia tecnico-scientifica di settore [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20].

La memoria è suddivisa in quattro parti. Nella *prima parte* è riassunto il quadro normativo di riferimento in merito alla valutazione degli investimenti nel settore dei trasporti; nella *seconda parte* è descritto il caso studio della riqualificazione della linea ferroviaria storica Formia-Gaeta; nella *terza parte* è riportata la metodologia impiegata per la redazione dell'analisi costi-benefici coerentemente con la normativa vigente; nella *quarta ed ultima parte* sono riportati i principali risultati dell'analisi benefici-costi redatta.

Per la stesura del presente articolo si ringrazia il Consorzio Sud Pontino per aver permesso la pubblicazione dei risultati dello studio condotto. Si ringrazia inoltre anche Luigi DE CRESCENZO per aver fornito tutto il materiale illustrativo (foto storiche) e per avere contribuito alla ricostruzione storica della linea Formia-Gaeta.

2. Planning fallacy e quadro normativo di riferimento in merito alla valutazione degli investimenti nel settore dei trasporti

Non sempre un processo decisionale che coinvolge un sistema di trasporto porta a prendere scelte razionali [21], [22], [23], [24], [25], i cui effetti permettono di perseguire gli obiettivi che hanno avviato il processo stesso.

There are numerous quantitative methods which, once the objectives and constraints are known, allow us to evaluate social utility and compare public works; among these the most used are [8]: analysis of compliance costs (cost assessment), analysis of administrative burdens (standard cost model), cost-effectiveness analysis (ACE), cost-benefit analysis (ACB), risk analysis (risk assessment), risk-risk analysis, multi-criterion analysis (AMC). Each technique has specific strengths and weaknesses and for this reason there is no clearly dominant method over the others.

In November 2016, the Ministry of Infrastructure and Transport drew up the "Guidelines for the evaluation of investments in public works" which, in line with European guidelines [9], [10], [11], aims to guarantee more efficient and effective planning of transport infrastructures in Italy through the application of the cost-benefit analysis that probably represents today the most shared methodology of evaluation and comparison of works of public utility and for which the sector technical-scientific bibliography appears to be the richest [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20].

The essay is divided into four parts. The first part summarises the reference regulatory framework regarding the evaluation of investments in the transport sector; the second part describes the case study of the redevelopment of the historic Formia-Gaeta railway line; in the third part the methodology used for the preparation of the cost-benefit analysis consistent with the current legislation is reported; in the fourth and last part the main results of the benefit-cost analysis prepared are reported.

For the drafting of this article we thank the Consorzio Sud Pontino for allowing the publication of the results of the study conducted. We also thank Luigi DE CRESCENZO for providing all the illustrative material (historical photos) and for having contributed to the historical reconstruction of the Formia-Gaeta line.

2. Planning fallacy and reference regulatory framework regarding the evaluation of investments in the transport sector

Not always a decision-making process involving a transport system leads to making rational choices [21], [22], [23], [24], [25], whose effects allow pursuing the objectives that initiated the process itself. There is a "syndrome"⁽¹⁾ known in literature as planning fallacy [26], according to which plan-

⁽¹⁾ *The choice to use the term "syndrome" is not accidental and is linked to the numerous analogies of meaning that exist with the term commonly used in medical sciences. In fact, the Treccani vocabulary defines "syndrome f.n., from the Greek σύνδρομη [...] in medical language, a term which, in itself, that is, without further specification, indicates a more or less characteristic complex of symptoms, but without a precise reference to its causes and to the mechanism of appearance, and which can therefore be an expression of a certain disease [...]"*

Esiste una “*sindrome*⁽¹⁾” nota in letteratura come *planning fallacy* [26], secondo la quale i tecnici della pianificazione chiamati a studiare un progetto sono portati a sovrastimare i benefici che produrrà (es. sovrastimare la domanda che potenzialmente userà un nuovo servizio/infrastruttura di trasporto, maggiori benefici per l’ambiente) e/o sottostimare i costi per la sua realizzazione/gestione (es. minori costi di investimento, maggiori ricavi), al fine di legittimarne la scelta. La conseguenza diretta di questa sindrome è quella di giungere al finanziamento e quindi alla realizzazione di opere “non necessarie” e magari anche non condivise con i portatori di interesse.

Il fallimento dei processi di pianificazione non è una prerogativa tutta italiana; esistono, infatti, numerosi esempi in Europa e nel mondo come ricordato in [27].

Emblematico è l’esempio del completamento delle due maggiori infrastrutture autostradali che collegano Budapest (Ungheria) a Vienna (Austria), tramite l’autostrada M1 (42,4 km), e a Bratislava (Slovacchia), tramite l’autostrada M15 (14,5 km). Queste due autostrade sono costate complessivamente circa 190 milioni di euro, e hanno rappresentato il primo grande progetto autostradale dell’Europa dell’Est, realizzato in *project financing*, ovvero tramite il finanziamento da parte di privati. La concessione fu fissata in 35 anni con una sola possibilità di proroga per un massimo di altri 17 anni e venne conferita nel 1993. I ricavi da traffico furono vincolati a precise tariffe di pedaggio fissate dal Ministero dei Trasporti ungherese, indicizzate secondo uno schema riportato nell’atto di concessione a partire da una serie di studi approfonditi sulle previsioni di traffico redatti dallo stesso Ministero. A pochi anni dall’entrata in esercizio si osservò una domanda catturata dalle nuove infrastrutture del 55% inferiore alle previsioni di traffico che di fatto costrinsero ad aumentare il pedaggio autostradale a 0,15 €/km per provare, senza riuscirci, a compensare i mancati ricavi per il soggetto gestore delle infrastrutture. Il risultato complessivo fu una causa indetta dalla società concessionaria verso il Ministero ungherese che portò prima al calmieramento delle tariffe e poi al fallimento dell’ente gestore.

Analogo è anche l’esempio dello SkyTrain di Bangkok (Tailandia), una ferrovia sopraelevata realizzata nel 1999 per un costo complessivo di 2 miliardi di dollari, composta da due linee con un unico nodo di interscambio (la sta-

ning technicians called upon to study a project are inclined to overestimate the benefits it will produce (e.g. overestimate the demand that will potentially use a new transport service/infrastructure, greater environmental benefits) and/or underestimate the costs for its construction/management (e.g. lower investment costs, higher revenues), in order to legitimise the choice. The direct consequence of this syndrome is that of reaching the financing and therefore the realisation of “unnecessary” works and maybe even not shared with the stakeholders.

The failure of planning processes is not an all-Italian prerogative; in fact, there are numerous examples in Europe and in the world as mentioned in [27].

There are two emblematic examples such as the completion of the two major motorway infrastructures that connect Budapest (Hungary) to Vienna (Austria), via the M1 motorway (42.4 km), and to Bratislava (Slovakia), via the M15 motorway (14.5 km). These two motorways cost a total of around 190 million euros, and represented the first major Eastern European motorway project, implemented through project financing, or through private financing. The concession was set in 35 years with only one possibility of extension for a maximum of another 17 years and was conferred in 1993. Traffic revenues were tied to precise toll rates set by the Hungarian Ministry of Transport, indexed according to a scheme set out in the concession document based on a series of in-depth studies on traffic forecasts prepared by the Ministry itself. A few years after its entry into operation, a demand captured by the new infrastructures of 55% lower than the traffic forecasts was observed, which in fact forced to increase the motorway toll to € 0.15/km to try, without success, to compensate for the missed revenues for the infrastructure manager. The overall result was a lawsuit brought by the concessionaire to the Hungarian Ministry that led first to the tariff control and then to the bankruptcy of the managing body.

The example of the SkyTrain in Bangkok (Thailand) is also similar, an elevated railway built in 1999 for a total cost of 2 billion dollars, consisting of two lines with a single interchange node (the Siam station) for a total length of almost 30 km. Currently the system is used by almost half a million travellers a day, clearly beating the competition of the urban underground opened in 2004.

However, the estimated traffic forecasts were two and a half times greater than the passenger flows today transported, causing a huge oversizing of the infrastructure (e.g. the platforms at the station are considerably longer than the size of the trains circulating on the line and much of the rolling stock is not currently used).

In a research conducted by FLYVBJERG et al. in 2002 [28], a total of 260 railway and road infrastructures projects (e.g. roads, railways, bridges, tunnels) carried out all over the world are analysed, concluding that, on average, the extra-monetary investment cost for their realisation was 28%.

In another FLYVBJERG study of 2007 [29], he analyses the detail of the extra-construction costs for railway works

⁽¹⁾ La scelta di utilizzare il termine “sindrome” non è casuale ed è legata alle numerose analogie di significato che vi sono con il termine comunemente adoperato nelle scienze mediche. Il vocabolario Treccani infatti definisce “sindrome s.f., dal greco *συνδρομή* [...] nel linguaggio medico, termine che, di per sé stesso, ossia senza ulteriori specificazioni, indica un complesso più o meno caratteristico di sintomi, senza però un preciso riferimento alle sue cause e al meccanismo di comparsa, e che può quindi essere espressione di una determinata malattia [...]”.

zione Siam) per una lunghezza complessiva di quasi 30 km. Attualmente il sistema è utilizzato da quasi mezzo milione di viaggiatori al giorno, battendo nettamente la concorrenza della metropolitana cittadina aperta nel 2004.

Tuttavia, le stime di traffico previste sono risultate due volte e mezzo superiori ai flussi di passeggeri oggi trasportati, provocando un enorme sovradimensionamento dell'infrastruttura (es. le piattaforme in stazione sono notevolmente più lunghe delle dimensioni dei treni circolanti sulla linea e gran parte del materiale rotabile non viene attualmente utilizzato).

In una ricerca condotta da FLYVBJERG et al. nel 2002 [28], vengono analizzati complessivamente 260 progetti di infrastrutture ferroviarie e stradali (es. strade, ferrovie, ponti, tunnel) realizzati in tutto il mondo, concludendo che, mediamente, l'extra-costi monetario di investimento per la loro realizzazione è risultato pari al 28%.

In un altro studio sempre FLYVBJERG del 2007 [29], analizza il dettaglio degli extra-costi di realizzazione per le sole opere ferroviarie (23 quelle analizzate in dettaglio) realizzate in Europa negli ultimi anni arrivando a concludere che per queste tipologie di infrastrutture si è osservato ad un extra-costi medio per singola opera di oltre il 34% rispetto alle stime iniziali.

Uno dei modi per ridurre il rischio *planning fallacy* è quello di:

- standardizzare le procedure da parte del decisore pubblico (es. tramite la redazione di linee guida o normative specifiche);
- introdurre ipotesi cautelative (per evitare di sovrastimare i benefici) da parte dei tecnici analisti della pianificazione, utilizzare metodi quantitativi consolidati ed accurati, e confrontare più alternative progettuali;
- giungere a scelte condivise con i portatori di interesse (stakeholders). Scelte condivise infatti riducono i rischi di fallimento della pianificazione e riducono (o non aumentano) spesso anche i tempi di realizzazione che, come noto, incidono non poco sui costi di investimento. Il processo di coinvolgimento per giungere ad opere condivise è noto come Public Engagement ed è un processo di comunicazione a doppio senso tra gli stakeholder (ovvero coloro che hanno un interesse per la decisione da prendere) e decisori al fine di giungere, tramite l'ausilio dei tecnici della pianificazione, a decisioni utili, condivise e trasparenti [22], [23], [24].

Con riferimento alla pianificazione sui sistemi di trasporto, il Nuovo Codice degli Appalti (D.lgs. n. 50/2016 e D.lgs 57/2017) stabilisce che affinché un'opera possa essere inserita all'interno di un DPP, le Regioni, le Province autonome, le Città Metropolitane e gli altri Enti competenti devono trasmettere al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti proposte di interventi per i quali è stato redatto il progetto di fattibilità tecnica ed economica [30].

Il progetto di fattibilità tecnica ed economica prevede la valutazione ed il confronto di diverse alternative di pro-

alone (23 those analysed in detail) carried out in Europe in recent years, concluding that for these types of infrastructures an average extra cost of over 34% was observed per single work compared to the initial estimates.

One of the ways to reduce the “planning fallacy” risk is to:

- standardise procedures by the public decision maker (e.g. through the drafting of specific guidelines or regulations);
- introduce precautionary hypotheses (to avoid overestimating the benefits) by the planning technical analysts, use consolidated and accurate quantitative methods, and compare several design alternatives;
- reach shared choices with stakeholders. In fact, shared choices reduce the risk of planning failure and often reduce (or do not increase) the realisation times that, as is known, have a significant impact on investment costs. The process of involvement to reach shared works is known as Public Engagement and is a two-way communication process between the stakeholders (i.e. those who have an interest in the decision to be made) and decision-makers in order to reach useful, shared and transparent decisions with the help of planning technicians [22], [23], [24].

With reference to the planning on transport systems, the New Procurement Code (Legislative Decree n. 50/2016 and Legislative Decree 57/2017) establishes that for a work to be included in a DPP (Multi-year Planning Document), the Regions, Autonomous Provinces, Metropolitan Cities and other competent Bodies must transmit proposals of interventions to the Ministry of Infrastructures and Transport for which the technical and economic feasibility project has been drawn up [30].

The technical and economic feasibility project provides for the evaluation and comparison of different project alternatives, in order to identify (and therefore choose) the one that presents the best ratio between costs and benefits for the community (art. 23, point 5 of Legislative Decree n. 50 of 2016). The evaluation and comparison of different project alternatives must be done in compliance with the objectives and strategies indicated in the infrastructure annex of the Economic and Financial Planning Document (April, 2016) and of the infrastructure (accessibility) and mobility (social) needs identified in the Annex of Economic and Financial Planning Document (April, 2017). Obviously the analyses and elaborations to be produced in the feasibility project will be conditioned by the size and type of the intervention in question. The feasibility project must include within it (in a technical feasibility report) all the analyses necessary to assess the feasibility and economic-financial convenience of an intervention, including:

- territorial and socio-economic framework and identification of the objectives to be pursued;
- identification of possible design solutions/alternatives, defining for each alternative:
 - planning, functional, technical, construction, plant

getto, al fine di individuare (e quindi scegliere) quella che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività (art. 23, comma 5 del D.lgs. n. 50 del 2016). La valutazione ed il confronto di diverse alternative progettuali va fatto nel rispetto degli obiettivi e delle strategie indicate nell'allegato infrastrutturale del Documento di Economia e Finanza (aprile, 2016) e dei fabbisogni infrastrutturali (accessibilità) e di mobilità (sociali) individuati nell'allegato di Economia e Finanza (aprile, 2017). Ovviamente le analisi e le elaborazioni da produrre nel progetto di fattibilità saranno condizionate dalla dimensione e dalla tipologia dell'intervento in oggetto. Il progetto di fattibilità deve comprendere al suo interno (in una relazione tecnica di fattibilità) tutte le analisi necessarie per valutare la fattibilità e la convenienza economico-finanziaria di un intervento, tra cui:

- inquadramento territoriale e socio-economico ed individuazione degli obiettivi da perseguire;
- individuazione delle possibili soluzioni/alternative di progetto, definendo per ogni alternativa:
 - caratteristiche progettuali, funzionali, tecniche, costruttive, impiantistiche, gestionali ed economico-finanziarie del tracciato;
 - tempi di progettazione e realizzazione;
 - indicazione delle procedure di realizzazione;
- analisi dell'offerta di trasporto attuale e di non intervento (ovvero quella tendenziale considerando tutti gli interventi invariati già programmati e/o previsti nel periodo di analisi);
- stime di traffico, ovvero analisi della domanda attuale, di non intervento e prevista per le diverse soluzioni progettuali (comprensiva dell'eventuale domanda indotta e/o deviata);
- analisi dei costi d'investimento, di gestione e di manutenzione per le diverse soluzioni progettuali individuate;
- analisi costi-efficacia relativa a ciascuna delle alternative progettuali.

In particolare, queste attività non risultano sempre sufficienti per concludere il processo decisionale, soprattutto quando si voglia valutare la fattibilità di una "grande opera" (es. un'opera che prevede un investimento superiore a 10 milioni di euro o le opere prive di remunerabilità da introiti tariffari). In questo caso risultano necessarie ulteriori analisi di maggior dettaglio tra cui:

- analisi territoriale (es. verifiche geologiche, idrogeologiche ed idrauliche);
- analisi ambientale e paesaggistica (es. vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici);
- analisi costi-ricavi per valutare la fattibilità finanziaria delle differenti alternative progettuali;
- analisi costi-benefici per valutare la fattibilità economica delle differenti alternative progettuali, attraverso

engineering, management and economic-financial characteristics of the route;

– planning and realisation times;

– indication of implementation procedures;

- *analysis of the offer of current transport and non-intervention (or the trend considering all the invariant interventions already planned and/or planned in the analysis period);*
- *traffic estimates, i.e. analysis of current demand, of non-intervention and planned for the different design solutions (including any demand induced and/or diverted);*
- *analysis of investment, management and maintenance costs for the various design solutions identified;*
- *cost-effectiveness analysis of each of the design alternatives.*

In particular, these activities are not always sufficient to conclude the decision-making process, especially when one wants to evaluate the feasibility of a "great work" (e.g. a work that envisages an investment of more than 10 million euros or works without remuneration from tariff revenues). In this case, further more detailed analyses are necessary, including:

- *territorial analysis (e.g. geological, hydrogeological and hydraulic checks);*
- *environmental and landscape analysis (e.g. environmental, historical, archaeological and landscape constraints);*
- *cost-revenue analysis to assess the financial feasibility of the different design alternatives;*
- *cost-benefit analysis to assess the economic feasibility of the different design alternatives, by estimating the socio-economic, territorial and environmental impacts;*
- *risk and sensitivity analysis related to the different design alternatives.*

The comparison of the design alternatives ends with the preparation of a feasibility document, which reports the results of the evaluations of the different solutions compared. In this phase the best design alternative is chosen, that is the one that presents the best ratio between costs and benefits for the community (art. 23, point 5 of Legislative Decree n. 50 of 2016). This conclusive document is functional to the elaboration of the second phase of the feasibility project that will concern the drawing up of more detailed analyses for the identified "best" alternative.

In 2016, the Ministry of Infrastructure and Transport issued the "Guidelines for the evaluation of investments in public works", as required by art. 8 of Legislative Decree 228, 2011. Once the general objectives were defined (the result of a planning decision-making process), the new guidelines of the Minister were designed to guarantee more efficient and effective planning of transport infrastructures in Italy, in order to be able to select the priority works depending on quantitative analyses based on the estimated needs of

la stima degli impatti socio-economici, territoriali ed ambientali;

- analisi del rischio e di sensitività relativa alle diverse alternative progettuali.

Il confronto delle alternative progettuali termina con la redazione di un documento di fattibilità, che riporta i risultati delle valutazioni delle diverse soluzioni confrontate. In questa fase viene scelta l'alternativa progettuale migliore, ovvero quella che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività (art. 23, comma 5 del D.lgs. n. 50 del 2016). Tale documento conclusivo risulta funzionale all'elaborazione della seconda fase del progetto di fattibilità che riguarderà la redazione di ulteriori analisi più di dettaglio per l'alternativa "migliore" individuata.

Nel 2016, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha emanato le *"Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche"*, così come previsto dall'art. 8 del D.lgs. 228, 2011. Definiti gli obiettivi generali (risultato di un processo decisionale di pianificazione), le nuove linee guida del Ministro sono state concepite al fine di garantire una più efficiente ed efficace pianificazione delle infrastrutture di trasporto in Italia, al fine di poter selezionare le opere prioritarie in funzioni di analisi quantitative basate sulla stima dei fabbisogni del Paese e dell'utilità prodotta dell'opera stessa. Nel documento viene definita:

- la metodologia e gli strumenti utilizzati dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti per l'analisi ex-ante dei fabbisogni;
- la metodologia e i parametri da utilizzare per le analisi di sostenibilità finanziaria e redditività economica e sociale dell'opera all'interno delle analisi ex-ante delle singole opere;
- la metodologia ed i criteri per selezionare le opere prioritarie da inserire nel DPP;
- la metodologia e gli strumenti con i quali il MIT procederà ad effettuare il monitoraggio delle opere per poi redigere le analisi di valutazione ex-post.

Definiti, come detto, gli obiettivi (es. nazionali e/o comunitari) da perseguire, per confrontare diverse opere e selezionare quelle prioritarie tramite criteri il più possibile condivisibili, nelle linee guida vengono inoltre forniti i costi marginali da impiegare per monetizzare gli impatti derivanti dalla realizzazione di soluzioni progettuali da utilizzare nelle analisi ex-ante delle singole opere.

3. Il caso studio: la storica linea ferroviaria Formia-Gaeta

La tratta ferroviaria Formia-Gaeta è parte della linea Sparanise-Gaeta, la cui storia risulta tanto antica quanto complessa e tortuosa. L'apertura della linea, a scartamento normale (1.435 mm) e a binario singolo, risale al 3 maggio 1892 quando partì il primo treno (ad uso esclusivo per le autorità) dalla stazione di Sparanise alle 7:30 che sareb-

the country and the usefulness of the work itself. The document defines:

- *the methodology and tools used by the Ministry of Infrastructure and Transport for the ex-ante analysis of needs;*
- *the methodology and parameters to be used for the analysis of financial sustainability and economic and social profitability of the work within the ex-ante analyses of the individual works;*
- *the methodology and criteria for selecting the priority works to be included in the DPP;*
- *the methodology and tools with which the MIT will proceed to carry out the monitoring of the works to then prepare the ex-post evaluation analyses.*

Having defined, as mentioned, the objectives (e.g. national and/or community) to be pursued, so as to compare different works and select the priority ones through criteria that can be shared as much as possible, the guidelines also provide the marginal costs to be used to monetise the resulting impacts from the implementation of design solutions to be used in the ex-ante analyses of the single works.

3. Case study: the historic Formia-Gaeta railway line

The Formia-Gaeta railway line is part of the Sparanise-Gaeta line, whose history is as ancient as it is complex and tortuous. The opening of the line, with standard gauge (1,435 mm) and single track, dates back to May 3, 1892 when the first train left (for exclusive use for the authorities) the Sparanise station at 7:30 that would then reach the station of Gaeta at 11:30. From the following day the passenger line service started immediately.

The initial section, from the Sparanise station, ran parallel to the Naples-Cassino-Rome line, from which it separated at the Bivio Gaeta after about 3 km pointing west along the Via Appia route, then towards the piedmont area of SS. Cosma and Damiano, crossing first Minturno and Formia and then reaching the station of Gaeta after a total length of 59 km. Impressive civil works were built for this railway work, among which the most impressive was certainly the Viadotto del Pontone (also called "dei 25 Ponti" [25 bridges]), located between Formia and Gaeta and consisting of 25 arches of 12 metres each (Fig. 1).

Under the management of Rete Mediterranea, the line was widely used for both passenger and freight transport despite the only three initial trips/day which were then increased to four shortly after. Travel time ranged from 2.5 hours to 3.0 hours. The first convoys circulating on the line were the group 600 steam locomotives, to then be replaced as from 1936 by the Fiat ALn56 diesel powered cars.

In 1897 the area comprising the Gaeta station became part of the new Municipality of Elena and for this reason the terminal station of the line changed its name to Gaeta-

be poi giunto alla stazione di Gaeta alle 11:30. Dal giorno seguente iniziò sin da subito il servizio di linea passeggeri.

La tratta iniziale, dalla stazione di Sparanise, correva parallelamente alla linea Napoli-Cassino-Roma, da cui si distaccava all'altezza del Bivio Gaeta dopo circa 3 km puntando ad Ovest lungo il percorso della Via Appia, poi verso la zona pedemontana di SS. Cosma e Damiano, attraversando prima Minturno e Formia per poi raggiungere la stazione di Gaeta dopo un percorso lungo complessivamente 59 km. Per tale opera ferroviaria furono realizzate imponenti opere civili, tra le quali a più imponente fu sicuramente il Viadotto del Pontone (detto anche "dei 25 Ponti"), situato fra Formia e Gaeta e costituito da 25 arcate da 12 metri ciascuna (Fig. 1).

Sotto la gestione di Rete Mediterranea, la linea fu molto utilizzata sia per il trasporto passeggeri che per quello delle merci nonostante le sole tre corse/giorno iniziali che poi furono aumentate a quattro dopo poco. Il tempo di viaggio variava dalle 2,5 ore alle 3,0 ore. I primi convogli che circolavano sulla linea erano locomotori a vapore del gruppo 600, per poi essere sostituiti a partire dal 1936 dalle automotrici diesel Fiat ALn56.

Nel 1897 l'area comprendente la stazione di Gaeta divenne parte del nuovo Comune di Elena e per tale motivo la stazione terminale della linea modificò la sua denominazione in Gaeta-Elena, nomenclatura che restò immutata sino al 1927 (Fig. 2).

Il 1 luglio del 1905 la gestione della linea passò alle Ferrovie dello Stato. Negli anni '50 e '60 il servizio passeggeri consisteva in 16 corse/giorno di andata e ritorno sulla tratta Formia-Gaeta e 5 corse/giorno sulla tratta Minturno-Formia.

Alla fine della Seconda guerra mondiale, per ostacolare la risalita degli "alleati", i Tedeschi distrussero 21 delle

Elena, a nomenclature that remained unchanged until 1927 (Fig. 2).

On July 1st, 1905 the management of the line passed to the Ferrovie dello Stato. In the '50s and '60s the passenger service consisted of 16 round trips/day on the Formia-Gaeta route and 5 trips/day on the Minturno-Formia route.

At the end of the Second World War, in order to hinder the ascent of the "allies", the Germans destroyed 21 of the 25 arches of the Viadotto del Pontone (Fig. 3), interrupting the service that remained so for about 10 years.

The works for the restoration of the line began in 1949 (Fig. 4) and operation resumed on January 1st, 1954 when the Formia-Gaeta section was reopened for operation. Unfortunately the automotive boom of those years drastically reduced the line's attendance. It is said that in 1956 in Carinola, the station of the busiest line at the time, only 30 tickets/day were sold on average. Freight traffic continued partly to use the line, also thanks to the presence of several large companies in the vicinity of the railway (for example the glassworks and the bathroom fixtures company of Gaeta). Thus it was that on March 23rd, 1957, after only three years from its reactivation, the Formia-Sparanise section was closed to operation and replaced by a replacement road line service.

In the '60s a project was presented to connect the Gaeta station to the port by means of a tunnel, which however was never approved and financed. Subsequently, in 1966, despite the strong opposition of the population, even the train service between Formia and Gaeta was suspended and replaced with a road service operated by FS. The transport of goods continued until July 1st, 1981 when, with the closure of the Gaeta glassworks, operation was definitively interrupted.

In 2005 a project was presented for the Formia-Gaeta railway line which involved the redevelopment of the 9.2 km route, the electrification of the entire line, the construction

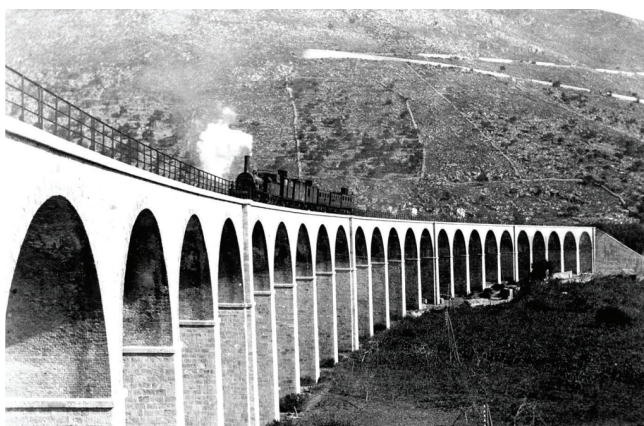


Fig. 1 - Passaggio di una locomotiva a vapore sul Viadotto del Pontone, detto anche "dei 25 Ponti" [31].

Fig. 1 - Passage of a steam locomotive on the Viadotto del Pontone, also called "dei 25 Ponti" [31].



Fig. 2 - La stazione ferroviaria di Gaeta, al tempo conosciuta come Gaeta-Elena - inizi del '900 [31].

Fig. 2 - Gaeta railway station, at the time known as Gaeta-Elena - early 1900 [31].

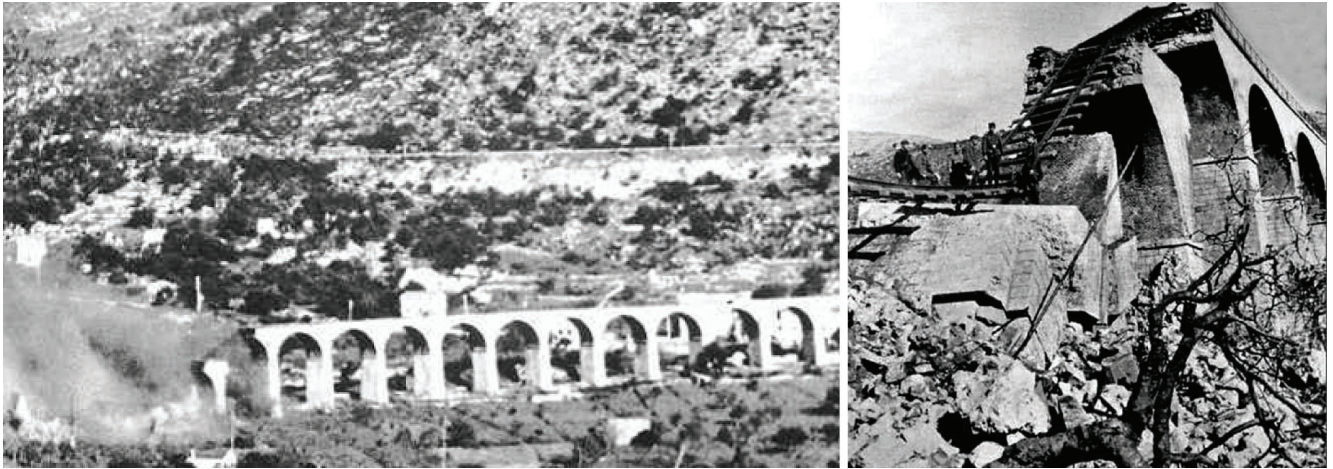


Fig. 3 - Il bombardamento del Viadotto "dei 25 Ponti" durante la Seconda guerra mondiale [31].
Fig. 3 - Bombardment of the Viaduct "dei 25 Ponti" during the Second World War [31].

25 arcate del Viadotto del Pontone (Fig. 3), interrompendo il servizio che restò tale per circa 10 anni.

I lavori per il ripristino della linea iniziarono nel 1949 (Fig. 4) e l'esercizio riprese il 1° gennaio 1954 quando venne riaperta all'esercizio la tratta Formia-Gaeta). Sfortunatamente il boom automobilistico di quegli anni ridusse drasticamente la frequentazione della linea. Si racconta che nel 1956 a Carinola, la stazione della linea più frequentata all'epoca, venivano venduti mediamente solo 30 biglietti/giorno. Il traffico merci continuò in parte ad utilizzare la linea, anche grazie alla presenza nelle vicinanze della ferrovia di diverse aziende anche di grosse dimensioni (ad esempio la vetreria e l'azienda di sanitari di Gaeta). Fu così che il 23 marzo 1957, dopo solo tre anni dalla sua riattivazione, la tratta Formia-Sparanise venne chiusa all'esercizio e sostituita da un servizio di linea su gomma sostitutivo.

Negli anni '60 venne presentato un progetto di collegamento della stazione di Gaeta con il porto mediante una galleria, che però non venne mai approvato e finanziato. Successivamente, nel 1966, nonostante le forti opposizioni della popolazione, anche il servizio ferroviario tra Formia e Gaeta fu sospeso e sostituito con un servizio su gomma gestito da FS. Il trasporto delle merci continuò fino al 1 luglio del 1981 quando, con la chiusura della vetreria di Gaeta, l'esercizio fu definitivamente interrotto.

Nel 2005 viene presentato un progetto per la linea ferroviaria Formia-Gaeta che prevedeva la riqualificazione del tracciato di 9,2 km, l'elettificazione dell'intera linea, la realizzazione di un parcheggio multipiano e la costruzione di tre stazioni intermedie, ad un costo totale valutato in euro 34.788.618,50 (Fig. 5).

A seguito del D.G.R. n. 151 del 21 dicembre 2002 del Piano d'Area di attuazione dell'Asse III viene stanziato un primo finanziamento di circa 8,8 milioni di euro con il quale iniziano i lavori di ripristino della tratta Formia-

of a multi-storey car park and the construction of three intermediate stations, at a cost total valued at € 34,788,618.50 (Fig. 5).

Following D.G.R. (Regional Council Resolution) no. 151 of December 21st, 2002 of the Asse III Implementation Area Plan, an initial loan of about 8.8 million euros is allocated, with which the restoration works on the Formia-Gaeta section for the first segment of the route begin (2/3 of the total length), from Formia station to the new Intermodal Centre in the Bevano-Gaeta area, including the perfect commissioning of the Viadotto del Pontone ("of the 25 bridges", Fig. 6). The restoration work on the first section was carried out and completed by the South Pontino Industrial Development Consortium.

The final section of the line, that is to say the one up to the Gaeta station, is today theoretically still armed, although no longer usable as the asphalt and the degradation of time have covered the tracks in several points. Subsequently, a second loan was programmed for the remaining



Fig. 4 - La ricostruzione del Viadotto "dei 25 Ponti" [31].
Fig. 4 - Reconstruction of the Viadotto "dei 25 Ponti" [31].

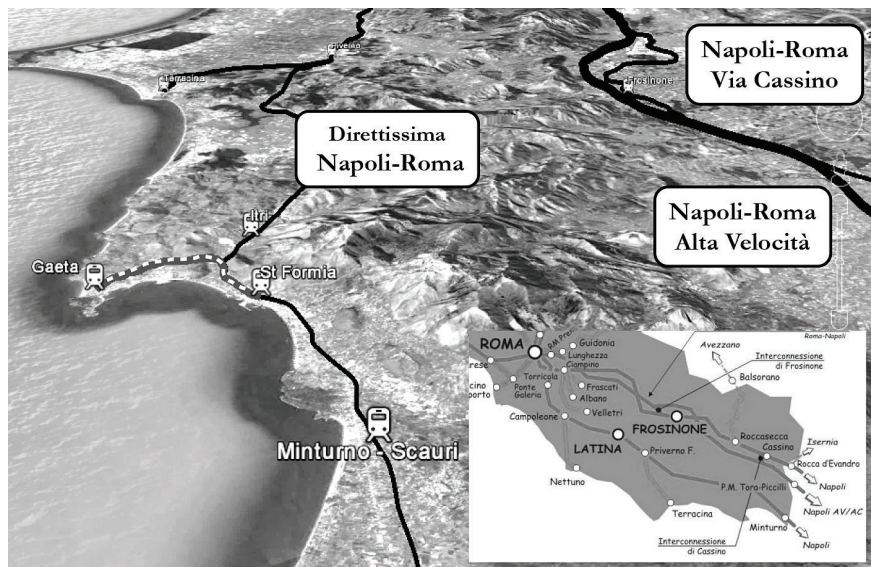


Fig. 5 - La linea Formia-Gaeta nel sistema ferroviario regionale e nazionale [32].
Fig. 5 - The Formia-Gaeta line in the regional and national railway system [32].

Gaeta per il primo segmento del tracciato (2/3 della lunghezza totale), dalla stazione di Formia sino al nuovo Centro Intermodale in località Bevano-Gaeta, comprendendo la perfetta messa in funzionalità del Viadotto del Pontone ("dei 25 ponti", Fig. 6). I lavori di ripristino della prima tratta sono stati realizzati e completati dal Consorzio per lo Sviluppo Industriale Sud Pontino.

La tratta finale della linea, ovvero quella sino alla stazione di Gaeta, risulta ad oggi teoricamente ancora armata anche se non più utilizzabile in quanto l'asfalto ed il degrado del tempo ne hanno ricoperto i binari in più punti. Successivamente è stato poi programmato un secondo finanziamento per i restanti euro 26.012.120,50 necessari per il completamento e l'elettificazione dell'intera tratta, la realizzazione di un parcheggio multipiano, nonché la costruzione di tre stazioni intermedie. La programmazione del finanziamento prevedeva la seguente ripartizione per la copertura finanziaria:

- € 3.000.000,00 a valere sulla delibera CIPE n. 138/2000;
- € 3.000.000,00 a valere sulla delibera CIPE n. 3/2006;
- € 19.812.120,50 a valere su fondi del bilancio regionale, cap. D44519 "Anticipazione fondi FAS per interventi in materia di pendolarismo" di cui € 4.000.000,00 sull'annata 2008, € 13.000.000,00 sull'annualità 2009 ed € 2.812.120,50 sull'annualità 2010.

Tale secondo finanziamento deriva dall'Accordo di Programma Quadro "Infrastrutture Ferroviarie e Centri Mercati" (APQ2)-III Accordo Integrativo, di cui alla Deliberazione della Giunta regionale Lazio n. 373 del 18 aprile 2008, sottoscritto tra la Regione Lazio, il Ministero dello Sviluppo Economico ed il Ministero delle Infrastrutture in

€ 26,012,120.50 required for the completion and electrification of the entire section, the construction of a multi-storey car park, and the construction of three intermediate stations. The financing schedule included the following breakdown for financial coverage:

- € 3,000,000.00 pursuant to CIPE resolution no. 138/2000;
- € 3,000,000.00 pursuant to CIPE resolution no. 3/2006;
- € 19,812,120.50 based on funds from the regional budget, tender D44519 "Anticipation of FAS funds for commuting operations" of which € 4,000,000.00 for the year 2008, € 13,000,000.00 for 2009 and € 2,812,120.50 for the year 2010.

This second loan derives from the Framework Programme Agreement "Railway Infrastructure and Inter-modal Centres" (APQ2) - III Supplementary Agreement, referred to in the Deliberation of the Lazio Regional Council no. 373 of April 18th, 2008, signed between the Lazio Region, the Ministry of Economic Development and the Ministry of Infrastructure on June 18th, 2008, which provided for the intervention called "Reactivation of the Formia Intermodal Centre - Gaeta Central regional railway". Subsequently with note no. 206136 of November 21st, 2008, the Director of the Lazio Region Territory Department manifested to the Sud Pontino Consortium the Administration's wish to directly manage the implementation phase of the completion of the work,



Fig. 6 - Il completamento del primo lotto e la rifunzionalizzazione del Viadotto "dei 25 Ponti" [32].
Fig. 6 - Completion of the first lot and re-functioning of the "25 Bridges" Viaduct [32].

data 18 giugno 2008, che prevedeva l'intervento denominato "Riattivazione della ferrovia regionale Formia Centro intermodale – Gaeta Centro". Successivamente con nota n. 206136 del 21 novembre 2008, il Direttore del dipartimento Territorio della Regione Lazio rappresentava al Consorzio Sud Pontino la volontà dell'Amministrazione di gestire direttamente la fase di realizzazione del completamento dell'opera, e pertanto, in data 30 dicembre 2009 veniva pubblicato sulla GURI il bando di gara n. 153 per l'affidamento delle suddette opere. Detto bando veniva successivamente annullato con determina n. B0763 del 18 febbraio 2010 della Regione Lazio, e la stessa Regione, nel frattempo commissariata per il debito in materia di sanità, perdeva il finanziamento.

In data 20 marzo 2013, l'opera della Regione Lazio ritornava nella competenza del Consorzio. Per la riattivazione della linea, lunga circa 9 km di cui 6 già realizzati, è necessario riqualificare l'ultimo tratto di circa 3 km, che va dal centro intermodale alla stazione di Gaeta. Inoltre, è stata prevista una nuova stazione intermedia passante, denominata "Bevano". Il Consiglio Regionale del Lazio approvava infine alcuni o.d.g. collegati al bilancio 2015-2016 dove si conferma la validità del progetto e di impegnare la Regione ad individuare con il Consorzio linee di finanziamento (Ministero – UE) per completare l'opera.

In questi anni numerose sono state le richieste da parte del territorio di portare a completamento l'opera che appare strategica per un territorio sia produttivo che turistico come quello di Formia e Gaeta e che ad oggi presenta enormi problemi di accessibilità [33], [34] e congestione stradale soprattutto nel periodo estivo.

4. La metodologia di valutazione implementata

L'Analisi Costi-Benefici (ABC) valuta la convenienza di uno o più Progetti (P) considerando gli effetti monetari o monetizzabili come variazioni rispetto allo stato di Non Progetto (NP). Si valuta un unico aggregato economico in cui i diversi impatti vengono sommati algebricamente, considerando con il segno positivo i benefici (le voci in "entrata") e con il segno negativo i costi (le voci in "uscita") [27].

In genere, queste analisi vengono redatte nell'ottica del decisore pubblico ovvero quando un privato vuole accedere a forme di partenariato pubblico privato o percepire finanziamenti pubblici.

La metodologia proposta ed applicata nel presente studio è, come detto, coerente con le recenti Linee guida emanate dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti nonché con la principale bibliografia tecnico-scientifica di settore, tra cui:

- European Commission - Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects [9];
- HEATCO - Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment [10];

and therefore, on December 30, 2009, the call for tender no. 153 for the awarding of the aforementioned works was published on the GURI. Said notice was subsequently cancelled with decision no. B0763 of February 18th, 2010 of the Lazio Region, and the same Region, in the meantime commissioner for the debt in health matters, lost the financing.

On March 20th, 2013, the work of the Lazio Region returned to the competence of the Consortium. For the reactivation of the line, about 9 km long of which 6 already completed, it is necessary to redevelop the last stretch of about 3 km, which runs from the intermodal centre to Gaeta station. Furthermore, a new intermediate through-station was planned, called "Bevano". Finally, the Regional Council of Lazio approved a number of agendas linked to the 2015-2016 budget, confirming the validity of the project and committing the Region to identifying funding lines (Ministry - EU) with the Consortium in order to complete the work.

In recent years there have been numerous requests from the territory to complete the work that appears to be strategic for a production and tourism area such as Formia and Gaeta and which today presents enormous accessibility [33], [34] and road congestion problems especially in the summer period.

4. The evaluation methodology implemented

The Cost-Benefit Analysis (CBA) evaluates the convenience of one or more Projects (P) considering the monetary or monetisable effects as variations with respect to the Non-Project (NP) status. A single economic aggregate is evaluated in which the various impacts are added together algebraically, considering the benefits (the "income" items) with a positive sign and the costs (the "outflows" items) [27] with a negative sign.

In general, these analyses are drawn up from the perspective of the public decision-maker or when an individual wants to access forms of private public partnership or receive public funding.

The methodology proposed and applied in this study is, as mentioned, coherent with the recent Guidelines issued by the Ministry of Infrastructure and Transport as well as with the main technical-scientific bibliography of the sector, including:

- European Commission - Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects [9];
- HEATCO - Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment [10];
- Ministry of Infrastructure and Transport - Decrees, Documents and Guidelines [14], [15];
- Lombardy Region - Guidelines for the preparation of feasibility studies [12];
- Ricardo-AEA DG MOVE Update of the Handbook on External Costs of Transport [11];

- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Decreti, Documenti e Linee Guida [14], [15];
- Regione Lombardia - Linee guida per la redazione di studi di fattibilità [12];
- Ricardo-AEA DG MOVE Update of the Handbook on External Costs of Transport [11];
- Unità di Valutazione degli investimenti pubblici - Lo studio di fattibilità nei progetti locali realizzati in forma partenariale: una guida e uno strumento [13].

A partire da queste fonti, è stata dedotta ed applicata una metodologia di analisi suddivisa in cinque fasi [16], [17], [18], [19], [20]:

1. Individuazione dello scenario di riferimento e delle alternative progettuali;
2. Stima dei traffici attesi per le ipotesi progettuali e nell'orizzonte temporale di analisi (l'orizzonte temporale è definito dalle linee guida nazionali in funzione dell'opera infrastrutturale analizzata);
3. Stima dei costi:
 - di investimento;
 - di gestione e manutenzione (ordinaria e straordinaria);
 - del valore residuo dell'investimento;
4. Stima dei benefici:
 - a. per gli utenti del sistema:
 - percepiti: variazioni di *surplus del consumatore* (es. variazione di tempo e di costo del viaggio);
 - non percepiti: variazioni dei costi operativi (es. usura veicolo);
 - b. per i non utenti:
 - variazioni emissioni gas climalteranti;
 - variazioni emissioni inquinanti nocive all'uomo;
 - variazioni emissioni sonore;
 - variazioni incidentalità;
 - variazioni congestione stradale;
 - impatti in altri settori (variazioni processi up- and downstream).
5. Definizione e stima di indicatori sintetici per il confronto delle alternative (VAN, SRI, B/C, PayBack Period).

4.1. La stima dei costi

Così come suggerito dai principali testi di riferimento [13], per le valutazioni costi-benefici, i costi di investimento da considerare nell'analisi, necessitano di una "correzione fiscale" per evitare, ad esempio, che siano considerate tra le voci di costo somme che, benché costituiscano effettivamente parte della spesa, rientreranno in futuro

- *Public Investment Evaluation Unit - Feasibility study in local projects implemented in partnership: a guide and a tool* [13].

Starting from these sources, an analysis methodology divided into five phases has been deduced and applied [16], [17], [18], [19], [20]:

1. *Identification of the reference scenario and project alternatives;*
2. *Estimate of the expected traffic for the project hypotheses and in the time horizon of analysis (the time horizon is defined by the national guidelines according to the infrastructure work analysed);*
3. *Estimated costs:*
 - *of investment;*
 - *of management and maintenance (ordinary and extraordinary);*
 - *of the residual value of the investment;*
4. *Estimated benefits:*
 - a. *for system users:*
 - *perceived: changes in consumer surplus (e.g. change in time and cost of travel);*
 - *not perceived: changes in operating costs (e.g. vehicle wear);*
 - b. *for non-users:*
 - *changes in climate-changing gas emissions;*
 - *variations of polluting emissions harmful to man;*
 - *variations in sound emissions;*
 - *accident variations;*
 - *road congestion variations;*
 - *impacts in other sectors (up-and downstream process changes).*
5. *Definition and estimate of synthetic indicators for comparing alternatives (VAN, SRI, B/C, PayBack Period).*

4.1. Estimating costs

As suggested by the main reference texts [13], for the cost-benefit evaluations, the investment costs to be considered in the analysis, require "fiscal correction" to avoid, for example, that sums are considered among the cost items which, although they actually constitute part of the expenditure, will fall in the form of tax revenue [27] in the future in the financial resources of the administrations, and therefore of the community.

This implies that not only the relative components of indirect taxation (e.g. VAT, excise duties) are reversed from the amounts indicated by the proposing body, but also the returns in terms of indirect and direct taxes associated with the set of interactions that originate the expense. Tax corrections are generally added to others, or "corrections at-

nelle disponibilità finanziarie delle amministrazioni, e quindi della collettività, sotto forma di gettito fiscale [27].

Ciò implica che vengano stornati dagli importi indicati dall'ente proponente, non soltanto le relative componenti di imposizione fiscale indiretta (es. IVA, accise), ma anche i rientri in termini di imposte indirette e dirette associate al complesso delle interazioni che originano la spesa. Alle correzioni fiscali se ne aggiungono in genere altre, ovvero le "correzioni attribuibili alle imperfezioni di mercato non fiscali". In questo caso il fine è quello di stornare dai prezzi di mercato le distorsioni che li allontanano dai prezzi efficienti ovvero i "reali" prezzi economici.

Queste operazioni di "correzione" dei costi si traducono operativamente nell'applicazione di coefficienti di conversione che, moltiplicati per ciascuna voce di costo, ne permettono la correzione per la componente fiscale e per la componente attribuibile alle imperfezioni di mercato. Per la stima dei coefficienti di conversione si propone di far riferimento a quelli proposti dall'Unità di Valutazione degli investimenti pubblici [13].

Come detto, poiché spesso l'orizzonte temporale di analisi (il periodo di valutazione) risulta inferiore alla vita economica del progetto (opera), si deve prevedere un valore residuo dell'investimento per considerare i benefici e i costi del progetto oltre tale orizzonte temporale. Tale valore, rappresentando un'entrata del progetto, andrà incluso nel conto dei costi d'investimento ma con segno positivo.

4.2. La stima dei benefici

4.2.1. I benefici per gli utenti

I benefici per gli utenti vanno in genere stimati tramite la quantificazione della variazione (rispetto allo scenario di riferimento) del *surplus del consumatore*, che a sua volta è funzione della variazione di costo generalizzato percepito di trasporto [27]. Quest'ultimo è ottenuto sommando i risparmi di tempo di viaggio e i costi monetari, opportunamente pesati rispetto a coefficienti di reciproca sostituzione (valore del tempo - VTTS o VOT). Tra le voci di costo vanno considerati i pedaggi e i costi operativi (es. consumo di carburante). Parallelamente, tra i benefici per i non utenti andrebbe considerata la variazione di *surplus del produttore*, ovvero l'eccedenza dei ricavi da traffico rispetto ai costi per chi produce o gestisce il servizio nonché la variazione delle entrate fiscali per lo Stato/Regioni. Nel caso più generale in cui l'analisi è redatta nell'ottica della collettività nel suo complesso, gli utenti del sistema, i non utenti, il produttore del servizio, lo Stato/Regioni, vanno tenuti in conto. Questo comporta che, ad esempio, poiché la variazione dei ricavi da traffico rappresenta un costo (segno negativo) per gli utenti ed un beneficio (segno positivo) per il produttore del servizio e/o per lo Stato/Regioni (nella sua aliquota fiscale), è possibile in questo caso non considerarli in una analisi costi-benefici (l'impatto complessivo sulla collettività è nullo).

tributable to non-fiscal market imperfections". In this case the aim is to reverse distortions from market prices that distance them from efficient prices or the "real" economic prices.

These "cost correction" operations translate operationally into the application of conversion coefficients which, multiplied by each cost item, allow their correction for the tax component and for the component attributable to market imperfections. To estimate the conversion coefficients, it is proposed to refer to those proposed by the Public Investment Evaluation Unit [13].

As mentioned, since the time horizon of analysis (the evaluation period) is often lower than the economic life of the project (work), a residual value of the investment must be foreseen to consider the benefits and costs of the project beyond this time horizon. This value, representing a revenue of the project, will be included in the investment cost account but with a positive sign.

4.2. Estimating benefits

4.2.1. Benefits for users

The benefits for users are generally estimated by quantifying the variation of the consumer surplus (with respect to the reference scenario), which in turn is a function of the perceived generalised cost change in transport [27]. The latter is obtained by adding travel timesaving and monetary costs, appropriately weighted with respect to reciprocal replacement coefficients (time value - VTTS or VOT). Tolls and operating costs (e.g. fuel consumption) must be considered among the cost items. At the same time, the variation in producer surplus, or the surplus of traffic revenues over costs for those who produce or manage the service as well as the change in tax revenues for the State/Regions should be considered among the benefits for non-users. In the more general case in which the analysis is drawn up from the perspective of the community as a whole, the users of the system, the non-users, the producer of the service, the State/Regions, must be taken into account. This means that, for example, as the change in traffic revenues represents a cost (negative sign) for users and a benefit (positive sign) for the service producer and/or the State/Regions (in its tax rate), it is possible in this case not to consider them in a cost-benefit analysis (the overall impact on the community is zero).

To estimate the variation of consumer surplus it is necessary to distinguish the case of projects for which more than one mode of transport is expected to be involved (with traffic generated and deviated from/to other modes), or a single mode of transport (with rigid/unchanged demand). In the first case, which includes the case study analysed in this study, the ΔS_p variation produced by the consumer surplus project can be estimated for example through the application of an analytical model of modal choice using the relation:

$$\Delta S_p = \Delta S_p - S_{NP} \quad (1)$$

Per la stima della variazione di *surplus del consumatore* bisogna distinguere il caso di progetti per i quali ci si attende che interessano più modalità di trasporto (con traffico generato e deviato da/su altri modi), ovvero un unico modo di trasporto (con domanda rigida/invariata). Nel primo caso, nel quale ricade il caso studio oggetto di analisi nel presente studio, è possibile stimare, ad esempio tramite l'applicazione di un modello analitico di scelta modale, la variazione ΔS_p prodotta dal progetto di *surplus del consumatore* tramite la relazione:

$$\Delta S_p = \Delta S_p - S_{NP} \quad (1)$$

dove:

- ΔS_p è la variazione di *surplus del consumatore* relativa al progetto P;
- S_p e S_{NP} sono rispettivamente il surplus globale degli utenti nello scenario di Progetto e in quello di Non Progetto (riferimento/programmatico), pari rispettivamente a $N_p \cdot s_p$ e $N_{NP} \cdot s_{NP}$;
- N_p e N_{NP} sono il numero totale di utenti del sistema dei trasporti nello scenario di Progetto e in quello di Non Progetto rispettivamente (anche quelli che non beneficiano direttamente dell'intervento progettuale) nell'orizzonte temporale di analisi (es. anno);
- s_p e s_{NP} sono rispettivamente il valore medio del surplus percepito (variabile di soddisfazione) ovvero il valore medio della massima utilità percepita fra tutte le alternative disponibili (es. modi o percorsi).

Nello specifico poiché per il caso studio di analisi è stato stimato un modello di scelta modale comportamentale di tipo *Logit Multinomiale* (per dettagli si veda [35], [36], per la stima della variabile di soddisfazione s è stata utilizzata la relazione:

$$s(V) = \theta \ln \sum_j \exp(V_j / \theta) \quad (2)$$

dove:

- V e V_j sono le utilità sistematiche stimate per le singole alternative modali (rispettivamente il vettore e la singola j -esima utilità⁽²⁾);
- θ è il parametro caratteristico del modello calibrato.

Tra i benefici non percepiti dagli utenti del sistema vi sono, come detto, i costi operativi, ovvero quei costi non imputabili, ad esempio, alle variazioni di consumo di lubrificanti, pneumatici ed alla manutenzione e deprezzamento del veicolo. Per la stima di tali costi è, in prima approssimazione ed a vantaggio di sicurezza, utilizzare un valore economico unitario che, ad esempio, per le automobili può essere posto pari a 0,080 €/veicolo-km, così come proposto nelle Linee guida per la redazione di studi di fattibilità redatte dalla Regione Lombardia [12]. Tale valo-

where:

- ΔS_p is the variation of consumer surplus related to project P;
- S_p and S_{NP} are respectively the users' overall surplus in the Project scenario and in the (reference/programmatic) Non Project scenario, equal to $N_p \cdot s_p$ and $N_{NP} \cdot s_{NP}$ respectively;
- N_p and N_{NP} are the total number of users of the transport system in the Project and Non-Project scenarios respectively (even those that do not directly benefit from the project intervention) in the analysis time horizon (e.g. year);
- s_p and s_{NP} are respectively the average value of the perceived surplus (satisfaction variable) or the average value of the maximum perceived utility among all the available alternatives (e.g. modes or routes).

Specifically, since for the case study analysis a behavioural modal choice model of the Logit Multinomial type was estimated (for details see [35], [36], for the estimation of the satisfaction variable s the following relation was used:

$$s(V) = \theta \ln \sum_j \exp(V_j / \theta) \quad (2)$$

where:

- V and V_j are the systematic utilities estimated for the single modal alternatives (respectively the vector and the single j -th utility⁽²⁾);
- θ is the characteristic parameter of the calibrated model.

Among the benefits not perceived by the users of the system there are, as mentioned, operating costs, i.e. those costs not attributable, for example, to variations in the consumption of lubricants, tyres and to the maintenance and depreciation of the vehicle. To estimate these costs, to a first approximation and to the advantage of safety, it is necessary to use a unitary economic value which, for example, for cars can be set at € 0.080/vehicle-km, as proposed in the Guidelines for the drafting of feasibility studies prepared by the Lombardy Region [12]. This unit economic value multiplied by the variation of the vehicles-km attributable to the project represents the monetary value of the non-perceived benefits to be taken into account for all the analysis period considered.

4.2.2. Benefits for non-users

A significant part of the economic evaluation regards the quantification of external effects (externalities) produced by the project both for the environment (e.g. global warming) and for man (e.g. pollution and road safety). Generally, there

⁽²⁾ Per semplicità è stato omissa una dipendenza funzionale i -esima alla generica categoria di utenti che invece va esplicitamente tenuta in conto nelle stime.

⁽²⁾ For simplicity, a functional i -th dependency has been omitted from the generic category of users that instead must be explicitly taken into account in the estimates.

re economico unitario moltiplicato per la variazione dei veicoli-km imputabili al progetto rappresenta il valore monetario dei benefici non percepiti da tenere in conto per tutti il periodo d'analisi considerato.

4.2.2. I benefici per i non utenti

Una parte rilevante della valutazione economica riguarda la quantificazione degli effetti esterni (esternalità) prodotti dal progetto sia per l'ambiente (es. riscaldamento globale) che per l'uomo (es. inquinamento e sicurezza stradale). In genere, si ha un'esternalità quando la produzione (o il consumo) di un bene ha impatti sul benessere di un soggetto terzo (collettività) senza che vi sia alcun compenso o indennizzo ("internalizzazione") specifico. Nelle analisi economiche le esternalità non sono internalizzate nei conti finanziari. Queste possono essere negative (es. più veicoli che circolano consumeranno più carburante ed emetteranno più sostanze inquinanti) ovvero positive (es. meno emissioni prodotte, computate quindi con segno positivo).

Per la stima delle esternalità per i non utenti (costi o benefici) occorre in genere:

- stimare le variazioni prodotte dal piano/progetto per singola voce di beneficio/costo;
- definire i costi sociali marginali unitari (es. €/ tonnellata emessa; €/ veicolo-km prodotto);
- stimare il trend temporale dei costi marginali per tutto il periodo di analisi (es. 30 anni);
- monetizzare il costo (o beneficio) sociale prodotto dal piano/progetto, ovvero moltiplicare le variazioni prodotte per singola voce di beneficio/costo per i costi marginali unitari stimati⁽³⁾.

Complessivamente per il generico impatto i -esimo, per la stima del valore monetario del beneficio prodotto, è stata utilizzata la seguente relazione:

$$\Delta E_{P,i}(t) = \Delta \text{veicoli-km}(t) \cdot E_{P,i}(t) \quad (3)$$

$$\Delta E_{P,i,TOTALE} = \sum_i \Delta E_{P,i}(t)$$

dove:

- $\Delta E_{P,i}(t)$ è il generico impatto (esternalità) i -esimo per i non utenti prodotto dal progetto P all'anno t -esimo;
- $\Delta \text{veicoli-km}$ è la variazione di veicoli*km all'anno t -esimo generata dal progetto;
- $E_{P,i}(t)$ è il costo sociale marginale unitario i -esimo.

is an externality when the production (or consumption) of an asset has an impact on the well-being of a third party (community) without there being any specific compensation or "internalisation". In economic analyses, externalities are not internalised in financial accounts. These can be negative (e.g. more vehicles that circulate will consume more fuel and emit more pollutants) or positive (e.g. less emissions produced, therefore calculated with a positive sign).

To estimate the externalities for non-users (costs or benefits) it is generally necessary:

- to estimate the variations produced by the plan/project for a single benefit/cost item;*
- to define the unitary marginal social costs (e.g. €/ tons issued; €/ vehicle-km produced);*
- to estimate the time trend of marginal costs throughout the analysis period (e.g. 30 years);*
- to monetise the social cost (or benefit) produced by the plan/project, or multiply the variations produced per single benefit/cost item by the estimated marginal unit costs⁽³⁾.*

Overall, for the generic i -th impact, the following relationship was used to estimate the monetary value of the beneficial product:

$$\Delta E_{P,i}(t) = \Delta \text{vehicles-km}(t) \cdot E_{P,i}(t) \quad (3)$$

$$\Delta E_{P,i,TOTAL} = \sum_i \Delta E_{P,i}(t)$$

where:

- $\Delta E_{P,i}(t)$ *is the i -th generic impact (externality) for non-users produced by the P project at the t -eth year;*
- $\Delta \text{vehicles-km}$ *is the variation of vehicles-km per year t -eth generated by the project;*
- $E_{P,i}(t)$ *is the i -th unitary marginal social cost.*

It is therefore appropriate, for each impact item (described below), to iteratively apply this estimation procedure.

Impacts not directly perceived by the user typically considered in cost-benefit analyses are: road congestion; road accidents; climate-changing gas emissions, polluting emissions and noise emissions (sometimes externalities are also considered in other sectors which, for the sake of brevity and safety, have not been taken into account in this analysis). In addition to the variation of the "consumer surplus" (monetary times and costs), which represent the individual benefits directly perceived by the users of the system, among the externalities of road transport there is also what is often

⁽³⁾ È giusto il caso di sottolineare che spesso tali costi marginali stimati si riferiscono a prezzi relativi ad anni differenti (es. i costi unitari delle linee guida EU sono a prezzi 2010) e comunque non coincidenti con quello di riferimento per l'analisi (anno 0). Per ovviare a ciò è opportuno attualizzare tali parametri unitari ad esempio attraverso le tabelle dell'ISTAT "Indici nazionali dei prezzi al consumo per le famiglie di operai ed impiegati".

⁽³⁾ It is right to point out that often these estimated marginal costs refer to prices for different years (e.g. the unit costs of the EU guidelines are at 2010 prices) and in any case do not coincide with the reference one for the analysis (year 0). To overcome this it is opportune to actualize these unitary parameters, for example through the tables of the ISTAT "National indices of consumer prices for the families of workers and employees".

È opportuno quindi, per ciascuna voce di impatto (descritta nel seguito), applicare iterativamente tale procedura di stima.

Gli impatti non direttamente percepiti dall'utente tipicamente considerati nelle analisi costi-benefici sono: la congestione stradale; l'incidentalità stradale; le emissioni di gas climalteranti, le emissioni inquinanti e le emissioni sonore (talvolta vengono considerate anche le esternalità in altri settori che per brevità ed a vantaggio di sicurezza non sono stati tenuti in conto nella presente analisi). Oltre alla variazione del "surplus del consumatore" (tempi e costi monetari), che rappresentano i benefici individuali direttamente percepiti dagli utenti del sistema, tra le esternalità del trasporto stradale vi è anche quella che spesso viene chiamata "disutilità pura da traffico" (secondo l'accezione della Comunità Europea [11], ovvero il contributo che variazioni di domanda provocano alla congestione stradale e quindi alle performance di cui beneficiano gli altri utenti della strada (effetti non individuali).

4.3. Gli indicatori di redditività economico-sociale

Una volta definiti e quantificati (in termini monetari) gli effetti rilevanti per l'analisi, rappresentati da opportuni indicatori di prestazione o misure di efficacia, *MOE - Measure Of Effectiveness* (es. variazioni di veicoli-km; variazioni di tonnellate di gas climalteranti emesse/anno), i diversi progetti alternativi (P) vanno confrontati con lo scenario di non intervento NP tramite la stima di opportuni indicatori di redditività economico-sociale. Tra questi, i più comunemente utilizzati nelle pratiche applicazioni sono [27]:

Valore Attuale Netto (VAN) che riporta all'anno iniziale i diversi effetti relativi al progetto i , calcolati per il periodo di analisi T come:

$$VAN_i(r) = \sum_{t=0}^T \left(\frac{\sum_j B_j^t - \sum_j C_j^t}{(1+r)^t} \right) \quad (4)$$

Saggio di Rendimento Interno (SRI) o Tasso (Saggio) Interno di Rendimento (TIR o SIRE) (IRR), dall'acronimo inglese Internal Rate of Return) definito come il valore del tasso di sconto r_o che annulla il VAN calcolato in un periodo di T anni relativo al progetto i :

$$SRI_i = r_o; VAN_i(r_o) = 0 \quad (5)$$

Rapporto benefici / costi (B_i/C_i) definito come il rapporto in valore assoluto tra i benefici ed i costi attualizzati all'anno iniziale:

$$B_i / C_i = \sum_{t=0}^T \left| \frac{\sum_j B_j^t}{(1+r)^t} \right| \bigg/ \sum_{t=0}^T \left| \frac{\sum_j C_j^t}{(1+r)^t} \right| \quad (6)$$

PayBack Period (PBP_i) attualizzato, ovvero il numero minimo di anni T_{min} oltre il quale si verifica un VAN positivo (vi è il ritorno dell'investimento):

called "pure traffic disutility" (according to the meaning of the European Community [11], or the contribution that variations in demand cause to road congestion and therefore to the performance that benefits other road users (non-individual effects)).

4.3. Economic and social profitability indicators

Once the relevant effects for the analysis have been defined and quantified (in monetary terms), represented by appropriate performance indicators or measures of effectiveness, *MOE - Measure Of Effectiveness* (e.g. vehicle variations-km; variations of tons of climate-changing gases issued/year), the various alternative projects (P) must be compared with the non-intervention scenario NP by estimating appropriate economic and social profitability indicators. Among these, the most commonly used in practical applications are [27]:

Net Present Value (NPV) which shows the initial effects of the various effects related to project i , calculated for the analysis period T as:

$$NPV_i(r) = \sum_{t=0}^T \left(\frac{\sum_j B_j^t - \sum_j C_j^t}{(1+r)^t} \right) \quad (4)$$

Internal Rate of Return (IRR) defined as the value of the discount rate r_o which cancels the NPV calculated in a period of T years related to the project i :

$$SRI_i = r_o; NPV_i(r_o) = 0 \quad (5)$$

Benefit/cost ratio (B_i/C_i) defined as the ratio in absolute value between the benefits and the discounted costs for the initial year:

$$B_i / C_i = \sum_{t=0}^T \left| \frac{\sum_j B_j^t}{(1+r)^t} \right| \bigg/ \sum_{t=0}^T \left| \frac{\sum_j C_j^t}{(1+r)^t} \right| \quad (6)$$

PayBack Period (PBP_i) discounted, i.e. the minimum number of T_{min} years beyond which a positive NPV occurs (there is a return on investment):

$$PBP_i = T_{min}; NPV_i(r) > 0 \quad (7)$$

5. Main results of a cost-benefit analysis of the redevelopment of the Formia-Gaeta railway line

5.1. Preliminary activities of cost-benefit analysis

Preliminary activities for economic and financial analyses are:

- the definition of the Design alternatives (P) to be compared with the Non Project (NP) trend scenario;
- the definition of the estimation hypotheses to be implemented;

$$PBP_i = T_{\min}; VAN_i(r) > 0 \quad (7)$$

5. I principali risultati di un'analisi costi-benefici della riqualificazione della Linea ferroviaria Formia-Gaeta

5.1. Le attività preliminari dell'analisi Costi-benefici

Attività preliminari alle analisi economico-finanziarie sono:

- la definizione delle alternative Progettuali (P) da confrontare rispetto allo scenario tendenziale di Non Progetto (NP);
- la definizione delle ipotesi di stima da implementare;
- la definizione del periodo di analisi ed il tasso di sconto da considerare nell'analisi [32].

Nel caso studio specifico, si ritiene che la riqualificazione della linea ferroviaria Formia-Gaeta impatterà su due differenti segmenti di domanda: gli spostamenti sistematici dei pendolari e dei residenti delle due località e gli spostamenti dei turistici stagionali. Attraverso un'indagine di mobilità descritta nel seguito è stato possibile definire l'area da associare a queste due aliquote di domanda (potenzialmente catturabili). Per gli spostamenti sistematici si è assunto che l'area direttamente interessata dal nuovo collegamento di trasporto collettivo sarà l'area compresa tra i comuni di Formia e Gaeta. Per gli spostamenti dei turisti, invece, si è stimato che quelli potenzialmente interessati dall'infrastruttura provengano da un'area ben più ampia che comprende il basso Lazio ed il nord della Campania.

Definita l'area di studio e l'alternativa Progettuale (P) (descritta nel § 3), passo successivo è stato quello di individuare lo scenario tendenziale di Non Progetto (NP), ovvero quello scenario verso cui evolverebbe il sistema socio-economico e dei trasporti qualora l'infrastruttura di progetto non venisse realizzata. Per la definizione di tale scenario sono stati considerati tutti gli interventi "invarianti" interessanti l'area territoriale previsti nei Piani e programmi attualmente vigenti:

- il Piano Regionale della Mobilità, dei Trasporti e della Logistica del Lazio, 2013;
- il Piano Urbano del Traffico del Comune di Formia, 2015;
- il Piano Urbano della Sosta del Comune di Formia, 2015;
- il Piano Urbano dei Trasporti del Comune di Formia, 2016;
- il Piano Urbano del Traffico del Comune di Gaeta, 2016.

Come anticipato nell'introduzione, molte delle attività relative alle analisi economiche possono essere soggette alla cosiddetta *planning fallacy* ovvero a quella sin-

- the definition of the analysis period and the discount rate to be considered in the analysis [32].

In the specific case study, it is believed that the redevelopment of the Formia-Gaeta railway line will impact on two different segments of demand: the systematic transfers of commuters and residents of the two localities and the transfers of seasonal tourists. Through a mobility survey described below the area to be associated with these two (potentially captured) demand rates was defined. For the systematic transfers it has been assumed that the area directly affected by the new collective transport connection will be the area between the municipalities of Formia and Gaeta. For the transfers of tourists, however, it is estimated that those potentially affected by the infrastructure come from a much larger area that includes lower Lazio and northern Campania.

After defining the study area and the Design alternative (P) (described in § 3), the next step was to identify the non-project (NP) trend scenario, i.e. the scenario towards which the socio-economic system and transport would evolve should the project infrastructure not be implemented. For the definition of this scenario, all the "invariant" interventions concerning the territorial area envisaged in the plans and programmes currently in force were considered:

- the Regional Plan for Mobility, Transport and Logistics of Lazio, 2013;
- the Urban Traffic Plan of the Municipality of Formia, 2015;
- the Urban Stop Plan of the Municipality of Formia, 2015;
- the Urban Transport Plan of the Municipality of Formia, 2016;
- the Urban Traffic Plan of the Municipality of Gaeta, 2016.

As anticipated in the introduction, many of the activities related to economic analysis can be subject to the so-called planning fallacy or to the syndrome according to which planning technicians tend to overestimate the (positive) effects of a project in order to legitimise the choice. To overcome this, during the study, precautionary hypotheses were carried out to the advantage of safety in order to reduce the risk of overestimation of the benefits and of underestimation of costs. In Table 1 all the main prudential hypotheses made, however described in detail in the following paragraphs, are summarised.

As said, to evaluate the economic convenience of the realisation of the work through a cost-benefit analysis (macroeconomic analysis) an analysis time horizon must be defined within which to evaluate the costs and benefits of a project. Since the reliability and credibility of the estimates is inversely proportional to the extension of this interval, the right trade-off for the breadth of this interval must be found between the reliability of the estimates (some decades) and consistency with the useful life of the work that is being evaluated (many decades). For the railway works the Euro-

drome secondo la quale i tecnici della pianificazione tendono a sovrastimare gli effetti (positivi) di un progetto al fine di legittimarne la scelta. Per ovviare a ciò, nel corso dello studio, sono state effettuate delle ipotesi cautelative a vantaggio di sicurezza al fine di ridurre il rischio di sovrastima dei benefici e di sottostima dei costi. In Tabella 1 sono riassunte tutte le principali ipotesi prudenziali fatte, comunque descritte in dettaglio nei successivi paragrafi.

Come detto, per valutare la convenienza economica della realizzazione dell'opera tramite un'analisi costi-be-

pean Commission [37] suggests considering an analysis period of 30 years, starting from the expected date of completion of the redevelopment and restoration works.

Furthermore, as suggested by the European Commission [38] a discount rate of 3% was considered.

5.2. Current and trend mobility demand estimates

The analysis, design and comparison of interventions on a transport system requires that the demand for mobility (traffic estimates) be estimated with reference to different

Tabella 1 – Table 1

Alcune delle ipotesi prudenziali effettuate nell'analisi di valutazione economica per evitare il rischio della *planning fallacy*
Some prudential assumptions made in the economic valuation analysis to avoid the risk of planning fallacy

Le ipotesi prudenziali Prudential hypotheses	
Stima dei costi Assessment of costs	<p>1. Il costo d'investimento considerato nell'analisi è quello totale imputabile all'opera e non quello ad oggi residuo in ragione del fatto che parte dell'opera è stata già realizzata 1. The investment cost considered in the analysis is the total cost attributable to the work and not the one remaining as of today due to the fact that part of the work has already been completed</p>
	<p>2. Il valore residuo dell'opera è stato fissato pari al 10% del suo costo totale quando invece dopo i 30 anni di orizzonte temporale considerato nell'analisi il "reale" valore residuo della ferrovia sarà sicuramente maggiore (vita utile molto maggiore di 30 anni) 2. The residual value of the work was set at 10% of its total cost when, instead, after the 30 years time horizon considered in the analysis, the "real" residual value of the railway will certainly be greater (useful life far greater than 30 years)</p>
Stima della domanda Evaluation of the demand	<p>3. È stata trascurata la domanda generata (indotta) dal nuovo servizio ferroviario considerando in via prudenziale solo quella deviata da altri modi di trasporto (auto e bus) anche se evidenze di casi simili mostrano che tale nuova aliquota di domanda non sarà trascurabile 3. The generated (induced) demand from the new railway service was neglected prudentially considering only that diverted from other transport modes (cars and buses) even if evidence of similar cases shows that this new demand rate will not be negligible</p>
	<p>4. Alcuni parametri di stima diretta della domanda sono stati valutati inferiori (anche del 50%) rispetto a quelli stimati tramite indagine (es. la % di turisti che utilizzerebbe la ferrovia al posto dell'auto privata) 4. Some demand direct estimation parameters have been evaluated lower (even 50%) than those estimated through the survey (e.g. the % of tourists who would use the railway instead of private car)</p>
Stima dei benefici Estimated benefits	<p>5. Trascurati i benefici economici ed occupazionali che la nuova ferrovia potrebbe generare a seguito di nuove attività economiche come quelle turistico ricreative 5. Neglected economic and employment benefits that the new railway could generate as a result of new economic activities such as recreational tourism</p>
	<p>6. Trascurati i benefici territoriali (land-use) che l'introduzione di una linea ferroviaria potrebbe produrre, ad esempio, al prezzo (crescente) degli immobili nelle aree coinvolte 6. Neglected territorial benefits (land-use) that the introduction of a railway line could produce, for example, at the (increasing) price of the properties in the areas involved</p>
	<p>7. Sottostima del surplus del consumatore, ovvero non sono stati considerati i benefici per gli utenti del sistema residenti al di fuori del bacino di influenza delle stazioni della nuova linea ferroviaria (che comunque anche se in minor misura avrebbero a disposizione questa ulteriore alternativa modale) 7. Underestimation of the consumer surplus, that is to say the benefits for system users residing outside the basin of influence of the stations of the new railway line have not been considered (which in any case would have this further alternative available even if to a lesser extent)</p>
	<p>8. Sottostima del risparmio di tempo, ovvero non si è considerato che, a fronte di una riduzione delle auto in circolazione (deviate sulla ferrovia), vi possa essere una riduzione della congestione stradale e quindi una riduzione dei tempi di viaggio (tra Formia e Gaeta) per coloro che continueranno ad utilizzare l'automobile 8. Underestimation of timesaving, i.e. it was not considered that, against a reduction in the number of cars in circulation (diverted to the railway), there may be a reduction in road congestion and therefore a reduction in travel times (between Formia and Gaeta) for those who continue using the car</p>

nefici (analisi macroeconomica) occorre definire un orizzonte temporale di analisi entro cui valutare costi e benefici di un progetto. Poiché l'affidabilità e la credibilità delle stime risulta inversamente proporzionale all'estensione di tale intervallo, occorre trovare il giusto *trade-off* per l'ampiezza di tale intervallo tra affidabilità delle stime (alcune decine di anni) e coerenza con la vita utile dell'opera che si sta valutando (molte decine di anni). La Commissione Europea [37], suggerisce per le opere ferroviarie di considerare un periodo di analisi di 30 anni, a partire dalla data prevista di ultimazione dei lavori di riqualificazione e ripristino dell'opera.

Inoltre, così come suggerito dalla Commissione Europea [38] è stato considerato un tasso di sconto del 3%.

5.2. Le stime attuali e tendenziali della domanda di mobilità

L'analisi, la progettazione ed il confronto di interventi su di un sistema di trasporto richiede che venga stimata la domanda di mobilità (stime di traffico) con riferimento a differenti scenari di analisi, tenendo esplicitamente in conto di tutti gli interventi sul sistema di trasporto. In tutti i casi, è opportuno stimare [27], [36]: la domanda tendenziale per tutti gli anni di analisi; la domanda deviata (diversione modale) da altre modalità di trasporto (es. auto e bus) conseguente alla realizzazione del progetto; la domanda indotta (generata), ovvero gli utenti del sistema che nello scenario tendenziale (NP) non si sposterebbero ma che a valle della realizzazione del progetto deciderebbero di farlo. L'attività di stima della domanda rappresenta forse l'attività più delicata delle valutazioni progettuali a causa dell'alto grado di influenza che questa attività ha sui risultati finali delle analisi. Per tale motivo, al fine di limitare i rischi della *planning fallacy*, nel corso dello studio, come ipotesi cautelativa a vantaggio di sicurezza si è trascurata la domanda generata dell'opera, ovvero quella che oggi risulta inespresa ma che, una volta realizzata la linea ferroviaria Formia-Gaeta, si potrebbe palesare (es. maggiore frequenza di spostamenti per attività ricreative tra i due comuni).

Per la stima della domanda potenzialmente catturata dalla linea ferroviaria, ci si è riferiti a due distinti segmenti di domanda potenzialmente catturabili: i residenti/pendolari ed i turisti. Poiché queste due aliquote di domanda hanno differenti bacini di influenza, sono state stimate separatamente secondo due differenti metodologie di stima, ovvero:

- stima tramite modelli matematici comportamentali per la domanda di residenti e pendolari potenzialmente catturabili;
- stima diretta della domanda di turisti potenzialmente catturabili dal nuovo servizio ferroviario.

Il collegamento ferroviario Formia-Gaeta impatterà sicuramente sulle scelte di mobilità dei residenti dei due comuni che si spostano ogni giorno (pendolari) per motivi sistematici (es. studio e lavoro). La domanda sistematica

analysis scenarios, explicitly taking into account all the interventions on the transport system. In all cases, it is appropriate to estimate [27], [36]: the trend demand for all the years of analysis; the diverted demand (modal diversion) from other transport modes (e.g. car and bus) consequent to the implementation of the project; the induced demand (generated), that is the users of the system that in the trend scenario (NP) would not travel but that after the realisation of the project would decide to do so. Demand estimation is perhaps the most delicate activity of project evaluations due to the high degree of influence that this activity has on the final results of the analyses. For this reason, the generated demand of the work was neglected, as a precautionary hypothesis to the advantage of safety, in order to limit the risks of planning fallacy during the study, that is the one that today is unexpressed but that could be revealed once the Formia-Gaeta railway line is implemented (e.g. greater frequency of trips for recreational activities between the two municipalities).

Reference was made to two distinct segments of demand that could potentially be captured to estimate the demand potentially captured by the railway line: residents/commuters and tourists. Since these two demand rates have different basins of influence, they have been estimated separately according to two different estimation methods, namely:

- *estimate through mathematical behavioural models for the demand for potentially captive residents and commuters;*
- *direct estimate of the demand for tourists potentially captured by the new train service.*

The Formia-Gaeta rail link will surely impact on the mobility choices of residents of the two municipalities that travel every day (commuters) for systematic reasons (e.g. study and work). The current systematic demand, broken down by the different transport modes (cars, motorcycles and buses), has been estimated starting from the results of a traffic survey campaign carried out at the main arteries connecting the two municipalities (e.g. SR213 "via Flacca") as well as at the terminus and bus stops. In this way the "universe" of users who travel daily between Formia and Gaeta could be estimated for each transport mode. The results are summarised in Table 2.

A modal choice model was calibrated starting from the average daily demand for each transport mode, in order to estimate the demand that could potentially be captured by the new rail link (modal diversion). To do this, a survey questionnaire was designed in order also to outline the socio-economic characteristics of the users (travellers) who, in the current situation, travel between the two municipalities and who would be available to change transport mode.

The survey questionnaire was divided into two sections:

- a) *the first part concerning the investigation of socio-economic characteristics (gender, age, profession) and displace-*

attuale, suddivisa per le diverse modalità di trasporto (auto, moto e bus), è stata stimata a partire dai risultati di una campagna di indagini di traffico effettuati presso le principali arterie di collegamento tra i due comuni (es. SR213 “via Flacca”) nonché presso i capolinea e le fermate delle linee di autobus. In tal modo è stato possibile stimare “l’universo” di utenti che si spostano quotidianamente tra Formia e Gaeta per singola modalità di trasporto. I principali risultati sono riassunti nella Tabella 2.

A partire dalla domanda giornaliera feriale media per singolo modo di trasporto, al fine di stimare la domanda potenzialmente catturabile dal nuovo collegamento ferroviario (diversione modale), è stato calibrato un modello di scelta modale. Per far ciò è stato progettato un questionario d’indagine al fine anche di profilare le caratteristiche socio-economiche degli utenti (viaggiatori) che, nella situazione attuale, si spostano tra i due comuni e che sarebbero disponibili a cambiare modo di trasporto.

Il questionario d’indagine è stato suddiviso in due sezioni:

- la prima parte relativa ad investigare le caratteristiche socio-economiche (genere, età, professione) e dello spostamento (es. titolo di viaggio utilizzato, motivo dello spostamento, frequenza dello spostamento, utilizzo congiunto di più modi di trasporto);
- la seconda parte del questionario è composto da domande di tipo *SP* (*Stated Preference o Preferenze Dichiarate*), ovvero domande sui comportamenti ipotetici dichiarati dagli utenti in scenari progettuali.

La tecnica di estrazione del campione da intervistare è stata di tipo casuale semplice stratificato sui modi di trasporto ed origine dello spostamento (per dettagli sulle diverse tecniche campionamento si veda ad esempio [28]). Il questionario è stato sottoposto con metodologia *CAWI* (*Computer-Assisted Web Interviewing*), sviluppando un’App dedicata per smartphone. Le indagini sono state svolte presso: i principali parcheggi d’interscambio di Formia e Gaeta (269 interviste con un tasso di campionamento del 27%), le principali fermate degli autobus (200 interviste con un tasso di campionamento del 11%), e le scuole superiori di Formia e Gaeta (534 studenti).

Le indagini condotte presso i parcheggi di interscambio con la ferrovia di Formia hanno permesso di valutare l’interesse dei pendolari che quotidianamente utilizzano i collegamenti ferroviari nazionali.

Alcuni dei principali risultati delle indagini condotte sono riportati nelle Figg. 7 e 8. In particolare dalla Fig. 7, emerge che il 54% degli utenti intervistati che si spostano tra Formia e Gaeta (e viceversa) sono utenti sistematici (il 43% si sposta per lavoro, il 11% per studio ed il 64% con frequenza giornaliera).

Il 96% dei pendolari sarebbe disposto ad utilizzare la ferrovia per gli spostamenti da/per Formia a/da Gaeta ed il 56% sarebbe disposto a pagare il costo del biglietto del treno il 30% in più rispetto al costo che attualmente sopporta per lo spostamento (Fig. 8).

ment (e.g. travel document used, reason for travelling, frequency of travel, joint use of several transport modes);

- the second part of the questionnaire is composed of SP type questions (Stated Preference or Declared Preferences), or questions on hypothetical behaviours declared by users in project scenarios.*

The extraction technique of the sample to be interviewed was of a simple random type stratified on the modes of transport and origin of the displacement (for details on the different sampling techniques, see for example [28]). The questionnaire was submitted with CAWI (Computer-Assisted Web Interviewing) methodology, developing a dedicated App for smartphones. The surveys were carried out at: the main interchange car parks of Formia and Gaeta (269 interviews with a 27% sampling rate,), the main bus stops (200 interviews with a 11% sampling rate,) and the high schools of Formia and Gaeta (534 students).

Tabella 2 – Table 2

Stima della domanda sistematica attuale media feriale per singolo modo di trasporto sulla direzione Formia-Gaeta (bidirezionale)^(*)

Estimation of the current systematic demand for the average working day for each transport mode on the Formia-Gaeta route (two-way)^()*

Domanda auto Car demand	Passeggeri/giorno di cui fortemente interessati al nuovo servizio ^(**) Passengers/day of which strongly interested in the new service ^(**)	33.953 1.973
	Passeggeri/anno Passengers/year	8.488.200
	Auto/anno Auto/year	5.305.125
	Coefficiente medio riempimento auto Average car refuelling coefficient	1,60
Domanda bus Bus demand	Passeggeri/giorno Passengers/day	1.820
	Passeggeri/anno Passengers/year	455.000

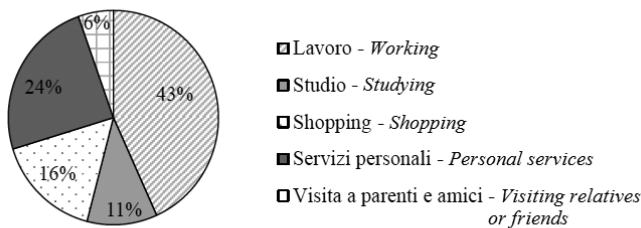
^(*) È bene precisare che la domanda giornaliera in auto si riferisce ad un’area più vasta dei confini amministrativi dei comuni di Formia e Gaeta, ritenendo che alcuni spostamenti originati in comuni adiacenti possano raggiungere la stazione con l’auto privata per poi prendere la ferrovia. Per contro, la domanda in autobus si riferisce alla sola domanda originata e destinata nei due comuni di Formia e Gaeta. Per tale circostanza quindi non ha senso stimare, a partire da questa tabella, una ripartizione modale, perché le due aliquote di domanda si riferiscono ad aree territoriali differenti.

^(*) It should be pointed out that the daily demand by car refers to a wider area than the administrative boundaries of the municipalities of Formia and Gaeta, considering that some displacements originating in adjacent municipalities can reach the station by private car and then take the railway. On the other hand, the bus demand refers only to the demand originating and destined for the two municipalities of Formia and Gaeta. For this circumstance, therefore, it makes no sense to estimate a modal split, starting from this table, because the two demand rates refer to different territorial areas.

^(**) Ovvero con origine e destinazione interne al bacino di influenza delle stazioni ferroviarie di Formia e Gaeta.

^(**) Or with origin and destination inside the basin of influence of the railway stations of Formia and Gaeta.

Motivo dello spostamento - *Moving purpose*



Frequenza dello spostamento - *Moving frequency*

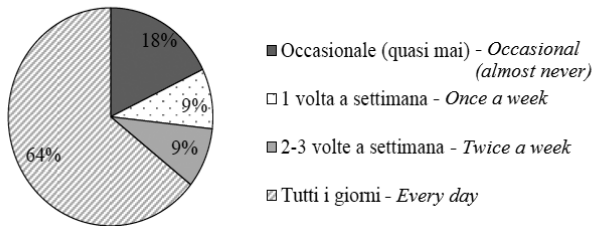


Fig. 7 - I principali risultati delle indagini di mobilità per i pendolari/residenti.

Fig. 7 - Main results of mobility surveys for commuters/residents.

Al fine di intervistare il maggior numero di utenti che si spostano per motivi sistematici tra Formia e Gaeta, sono state effettuate anche delle interviste specifiche agli studenti, al personale docente ed a quello tecnico-amministrativo residente in uno dei comuni di Formia e di Gaeta e che studiano/lavorano nell'altro comune.

Degli studenti intervistati che effettuano quotidianamente lo spostamento tra i comuni di Formia e Gaeta si è osservato che il 72% di quelli che utilizzano abitualmente il trasporto collettivo su gomma (Fig. 9) lo reputa di bassa qualità (Fig. 10).

Con l'ausilio dei conteggi di traffico e delle indagini di mobilità è stato calibrato un modello di scelta modale distinto per motivo dello spostamento (lavoro, studio e altri motivi) attraverso l'utilizzo del software di calibrazione BIOGEME [39]. Il modello calibrato è stato poi applicato per stimare la domanda potenzialmente deviata dall'auto e dal bus a favore del nuovo servizio ferroviario (per dettagli

Mezzo di trasporto utilizzato

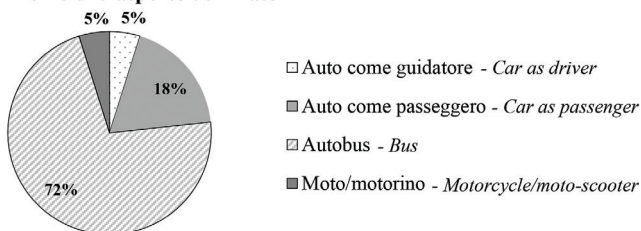


Fig. 9 - Il mezzo di trasporto utilizzato dagli studenti pendolari tra Formia e Gaeta.

Fig. 9 - Transport means used by commuter students between Formia and Gaeta.

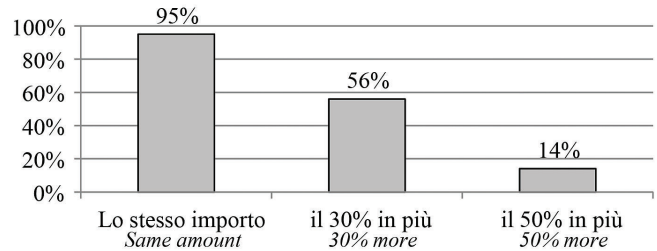


Fig. 8 - La disponibilità a pagare per il nuovo servizio ferroviario per i residenti/pendolari intervistati.

Fig. 8 - Openness to pay for the new train service for the residents/commuters interviewed.

The surveys carried out at the interchange car parks with the Formia railway allowed assessing the interest of commuters who use national rail connections daily.

Some of the main results of the surveys conducted are shown in Figs. 7 and 8. In particular, Fig. 7 shows that 54% of the interviewed users travelling between Formia and Gaeta (and vice versa) are systematic users (43% travel for work, 11% for study and 64% on a daily basis).

96% of commuters would be willing to use the railway for journeys from/to Formia to/from Gaeta and 56% would be willing to pay the cost of the train ticket 30% more than the cost they currently bear for travelling (Fig. 8).

In order to interview the largest number of users travelling for systematic reasons between Formia and Gaeta, specific interviews were also carried out with students, teaching and the technical-administrative staff resident in one of the municipalities of Formia and Gaeta and who study/work in the other municipality.

Of the interviewed students who travel daily between the municipalities of Formia and Gaeta, it was observed that 72% of those who habitually use collective road transport (Fig. 9) consider it of low quality (Fig. 10).

With the aid of traffic calculations and mobility surveys, a modal choice model was calibrated broken down by reasons of the transfer (work, study and other reasons)

Qualità percepita del viaggio

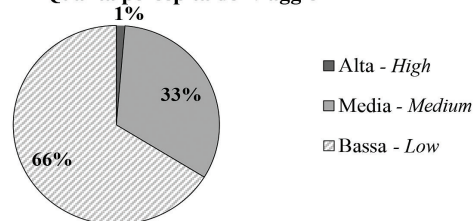


Fig. 10 - La qualità percepita dagli studenti che utilizzano il bus per gli spostamenti casa-scuola.

Fig. 10 - Quality perceived by students using the bus for home-school travel.

Tabella 3 – Table 3

Stima della domanda di residenti/pendolari catturata dal nuovo collegamento ferroviario (deviata dall'auto e dal bus)
Estimate of the residents/commuters demand captured by the new rail link (diverted from the car and the bus)

Domanda catturata dal nuovo servizio ferroviario <i>Demand captured by the new train service</i>	
Passeggeri/giorno <i>Passengers/day</i>	2.599
Passeggeri/anno <i>Passengers/year</i>	649.775
ΔVeicoli-km/anno sottratti alla strada <i>ΔVehicles-km/year taken off the road</i>	2.267.976

sul modello di scelta modale Logit Multinomiale si veda [35]. In Tabella 3 sono riportati i principali risultati della stima della domanda di residenti/pendolari catturata dal nuovo collegamento ferroviario in un giorno medio feriale. Moltiplicando il numero di giorni feriale in un anno (250) per il numero di passeggeri giorno è stato stimato il numero di passeggeri/anno potenzialmente attratti dalla nuova ferrovia per l'aliquota di domanda relativa ai residenti/pendolari.

L'andamento, per l'intero periodo di analisi, delle variazioni assolute di veicoli-km totali per la nuova alternativa progettuale e della domanda sistematica deviata da tutti i modi è stata stimata in funzione delle previsioni di crescita della popolazione fornite dall'ISTAT per la Regione Lazio [40].

L'area compresa tra Formia e Gaeta è caratterizzata da una elevata affluenza turistico-balneare soprattutto nei mesi estivi. Il bacino di attrazione turistica comprende tutto il basso Lazio ed il nord della Campania. Molto consistente è anche il flusso di pendolari turisti che, soprattutto nei mesi giugno, luglio e settembre, raggiungono queste mete la mattina per rientrare la sera di fatto contribuendo non poco alla già elevata congestione stradale dell'area. Tramite indagini di mobilità eseguite ad-hoc per lo studio, si è stimato che in un giorno estivo (festivo) medio ci sono circa 35.000 veicoli privati che impegnano la viabilità locale per raggiungere le spiagge dell'area. La sola spiaggia di Serapo ospita d'estate mediamente circa 11.000 bagnanti/giorno (con picchi di 15.000). La futura localizzazione della stazione ferroviaria di Gaeta dista poche centinaia di metri dalla spiaggia di Serapo, rendendo la modalità ferroviaria una valida alternativa all'auto individuale:

- tramite un interscambio modale presso uno dei parcheggi nei pressi della stazione di Formia, facendo risparmiare anche molte decine di minuti di viaggio nelle ore di punta estive;
- utilizzando la linea ferroviaria nazionale sino a Formia per poi usufruire del nuovo collegamento ferroviario sino alle destinazioni balneari di Gaeta (molte origini degli spostamenti turistici partono da Comuni ben serviti da collegamenti nazionali ferroviari verso Formia).

through the use of the BIOGEME calibration software [39]. The calibrated model was then applied to estimate the demand potentially diverted from the car and the bus in favour of the new train service (for details on the Logit Multinomial modal choice model, see [35]). Table 3 shows the main results of the demand estimate for residents/commuters captured by the new rail link on an average weekday. By multiplying the number of weekdays in one year (250) by the number of passengers per day, the number of passengers/year potentially attracted by the new railway for the resident/commuter demand rate was estimated.

The trend, for the entire analysis period, of the absolute variations of vehicles-total km for the new design alternative and the systematic demand deviated from all modes was estimated according to the population growth forecasts provided by ISTAT for the Lazio Region [40].

The area between Formia and Gaeta is characterised by a high tourist-seaside flow especially in the summer months. The tourist attraction basin includes all lower Lazio and northern Campania. The flow of tourist commuters is also very consistent, especially in the months of June, July and September, reaching these destinations in the morning to return in the evening, effectively contributing to the already high road congestion of the area. Through ad-hoc mobility surveys carried out for the study, it was estimated that on an average summer (holiday) day there are about 35,000 private vehicles that engage local roads to reach the beaches of the area. The beach of Serapo alone in summer hosts an average of 11,000 bathers/day (with peaks of 15,000). The future location of the Gaeta railway station is just a few hundred metres from Serapo beach, making the railway mode a valid alternative to the private car:

- through a modal interchange in one of the car parks near Formia station, also saving many tens of minutes travel during summer peak hours;
- using the national railway line up to Formia to then take advantage of the new railway connection up to the seaside resorts of Gaeta (many origins of tourist transfers depart from Municipalities well served by national rail connections to Formia).

The direct estimation methodology was used to estimate the demand for tourist mobility that could potentially be captured by the new railway service (according to one of the two diversion models described above). The total average number of tourists/day that during the summer spend time on the coast was estimated, in particular, through the traffic calculations carried out in the months of June, July and August 2016 at the beaches of Gaeta. In addition to traffic calculations, during the same period a CAWI-type mobility survey was conducted at Serapo beach, submitting a questionnaire to a random sample of bathers divided into two sections:

- the first part relating to investigating the socio-eco-

Per la stima della domanda di mobilità turistica potenzialmente catturabile dal nuovo servizio ferroviario (secondo uno dei due modelli di diversione precedentemente descritti) è stata utilizzata la metodologia della stima diretta. In particolare, attraverso dei conteggi di traffico effettuati nei mesi di giugno, luglio e agosto 2016 presso le spiagge di Gaeta, è stato possibile stimare il numero medio totale di turisti/giorno che nel periodo estivo frequentano il litorale. In aggiunta ai conteggi di traffico, nello stesso periodo è stata condotta un'indagine di mobilità di tipo CAWI presso la spiaggia di Serapo sottoponendo ad un campione casuale di bagnanti un questionario suddiviso in due sezioni:

- la prima parte relativa ad investigare le caratteristiche socio-economiche (genere, età, professione) e dello spostamento (es. frequenza dello spostamento, modi di trasporto);
- la seconda parte del questionario è composto da domande di tipo SP (*Stated Preference* o *Preferenze Dichiarate*), ovvero domande sui comportamenti ipotetici dichiarati dagli utenti in scenari progettuali.

Complessivamente sono stati intervistati 420 turisti con un tasso di campionamento pari a circa il 4% del totale dei bagnanti/giorno della spiaggia di Serapo. Quasi la totalità dei turisti raggiunge le spiagge con mezzi privati (oltre l'80% in auto, Fig. 11) e l'88% di essi dichiara che sarebbe disposto a scegliere la ferrovia (secondo una delle due modalità indicate in precedenza) per raggiungere la meta turistica (Fig. 11).

Al fine di pervenire ad una stima il più possibile prudente (ed evitare la più volte citata *planning fallacy*), anche in ragione del fatto che diverse evidenze sperimentali suggeriscono che per questo tipo di indagini spesso gli utenti sono portati a sovrastimare le risposte positive a scenari SP relativi a nuovi servizi, come stima del numero di utenti potenzialmente attratti dal nuovo servizio ferroviario è stato utilizzato un valore pari al 50% di quello risultato dalle indagini, ovvero si è ipotizzato che cambierebbero modo di trasporto la metà di quelli che hanno effettivamente dichiarato che lo farebbero. Sempre a vantaggio di sicurezza, per la stima della domanda annuale è stato utilizzato come coefficiente di espansione della domanda giornaliera 40 (valore del 30-35% inferiore a quello desunto tramite indagini e dati sul turismo estivo dell'area), ovvero considerando solo 40 giorni medi di domanda turistica presso le spiagge di Gaeta. Inoltre, è stato stimato tramite indagini un coefficiente medio di riempimento delle auto per motivo turistico pari a 3,5 persone/auto. In Tabella 4 sono riportati i risultati delle stime domanda turistica catturata dal nuovo collegamento ferroviario per un giorno medio secondo le ipotesi descritte.

Come per l'aliquota di domanda di pendolari, l'andamento, per l'intero periodo di analisi, delle variazioni assolute di veicoli-km totali per la nuova alternativa progettuale e della domanda sistematica deviata da tutti i modi è stata stimata in funzione delle previsioni di crescita della popolazione fornite dall'ISTAT per la Regione Lazio [40].

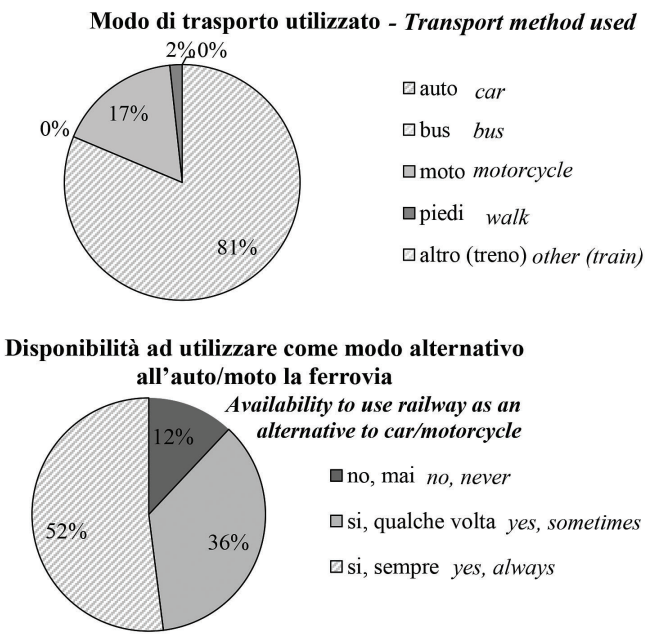


Fig. 11 - I principali risultati delle indagini presso i turisti.
Fig. 11 - Main results of the tourist surveys.

conomic characteristics (gender, age, profession) and the transfer (e.g. displacement frequency, transport modes);

- the second part of the questionnaire is composed of SP type questions (*Stated Preference* or *Declared Preferences*), or questions on hypothetical behaviours declared by users in project scenarios.

A total of 420 tourists were interviewed with a sampling rate of around 4% of the total number of bathers/day on Serapo beach. Almost all tourists reach the beaches us-

Tabella 4 – Table 4

Stima della domanda di turisti catturata dal nuovo collegamento ferroviario
Estimate of tourist demand captured by the new rail link

Domanda catturata dal nuovo servizio ferroviario Demand captured by the new train service	
Passeggeri/giorno Passengers/day	3.631
Passeggeri/anno Passengers/year	143.883
Auto/anno Auto/year	41.501
ΔVeicoli-km/anno sottratti alla strada ΔVehicles-km/year taken off the road	3.136.641

Tabella 5 – Table 5

I costi d'investimento stornati della componente fiscale e delle imperfezioni di mercato imputabili alla riqualificazione della linea ferroviaria Formia-Gaeta
Investment costs reversed of the tax component and market imperfections attributable to the redevelopment of the Formia-Gaeta railway line

Tipologia di Costo <i>Cost type</i>	Totale Costo (prezzi 2016; r=3%) Mln€ <i>Total Cost (2016 prices; r = 3%) Mln €</i>	Totale Costo (prezzi costanti) Mln€ <i>Total Cost (constant prices) € Mln</i>
C1. Costo d'investimento <i>C1. Investment cost</i>	-28,45	-28,87
C2. Costi gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria <i>C2. Costs for management and ordinary and extraordinary maintenance</i>	-11,17	-17,61
C3. Valore residuo investimento <i>C3. Investment residual value</i>	1,17	2,92

5.3. La stima dei costi

Per la stima dei costi imputabili al progetto di riqualificazione della linea ferroviaria Formia-Gaeta si è fatto riferimento al quadro finanziario fornito dal Consorzio Sud Pontino. Il costo totale per la riqualificazione e l'elettificazione dell'opera, la realizzazione di un parcheggio multipiano e la costruzione di tre stazioni intermedie è stato quantificato in 34,8 Mln€ di cui circa 8,8 Mln€ già spesi, come detto, per la realizzazione della prima tratta (2/3 della lunghezza totale) [32]. In via prudenziale, l'analisi costi-benefici è stata condotta considerando l'intero costo dell'opera e non solo la quota che oggi manca per il suo completamento ipotizzando inoltre che l'investimento necessario sia equamente ripartito nei due anni imputabili al completamento dell'opera. Così come previsto dalla metodologia proposta, al costo dell'opera sono state applicate delle "correzioni fiscali" e delle "correzioni attribuibili alle imperfezioni di mercato non fiscali". Pertanto, i costi di costruzione (C_1) e quelli di manutenzione e gestione (C_2) (Tabella 5), sono stati moltiplicati per un coefficiente di correzione medio stimato a partire dai coefficienti di conversione relativi alle singole voci di costo fornite dall'Unità di Valutazione degli investimenti pubblici [13] e riportate in Tabella 6.

L'orizzonte temporale di analisi (ovvero il periodo di valutazione) si ritiene che sia inferiore alla vita economica dell'opera per cui, oltre ai costi di costruzione (C_1) e di gestione e manutenzione (C_2), è stato calcolato il valore residuo dell'opera (C_3) valutato però con segno positivo nelle analisi. Il valore residuo dell'opera rappresenta un'entrata del progetto e tiene conto dei ricavi e dei costi del progetto oltre l'orizzonte temporale d'analisi. Così come prescritto nella Delibera CIPE [41], è stato, in via prudenziale, fissato pari al 10% del valore complessivo dell'opera, stornato delle "correzioni fiscali" e delle "correzioni attribuibili alle imperfezioni di mercato non fiscali".

ing private means (over 80% by car, Fig. 11) and 88% of them state that they would be willing to choose the railway (according to one of the two methods indicated above) to reach the tourist destination (Fig. 11).

In order to achieve the most prudent estimate possible (and avoid the aforementioned planning fallacy), also due to the fact that various experimental evidences suggest that for this type of investigation users are often inclined to overestimate the positive answers to SP scenarios relating to new services, as an estimate of the number of users potentially attracted by the new train service, a value equal to 50% of that resulting from the surveys was used, or it was assumed that

half of those who actually stated that they would do, would change transport mode. Always to the advantage of safety, 40 was used as a coefficient of expansion of the daily demand for the estimate of the annual demand (value of 30-35% lower than that deduced through surveys and data on summer tourism in the area), or considering only 40 average days of tourist demand at the beaches of Gaeta. Furthermore, an average car-refuelling factor for tourism reasons of 3.5 persons/car was estimated through surveys. Table 4 shows the results of the tourist demand estimates captured by the new rail link for an average day according to the hypotheses described.

As for the commuter demand rate, the trend, for the entire analysis period, of the absolute variations of vehicles-total km for the new design alternative and the systematic demand deviated from all modes was estimated

Tabella 6 – Table 6

I coefficienti di correzione utilizzati per la stima dei costi d'investimento della riqualificazione della linea ferroviaria Formia-Gaeta (elaborazioni a partire da [13], [14])
Correction coefficients used to estimate the investment costs of the redevelopment of the Formia-Gaeta railway line (elaborations starting from [13], [14])

Tipologia di Costo <i>Cost type</i>	Coefficiente di conversione <i>Coefficient of conversion</i>
C ₁ . Costo d'investimento <i>C₁. Investment cost</i>	0,83
C ₂ . Costi gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria <i>C₂. Costs for management and ordinary and extraordinary maintenance</i>	0,85
C ₃ . Valore residuo investimento <i>C₃. Investment residual value</i>	0,84

5.4. La stima dei benefici

I benefici prodotti dall'attivazione della linea ferroviaria sono stati calcolati come differenza tra lo scenario di progetto P (attivazione della linea) e lo scenario di non progetto (NP). Questi impatti sono stati valutati in funzione dei soggetti che ne beneficeranno, ovvero:

- *benefici per gli utenti*: ovvero gli impatti per gli utenti del sistema di trasporto oggetto di studio;
- *benefici per i non utenti*: ovvero per coloro che, anche se non utenti di trasporto, percepiranno degli impatti (benefici) per la realizzazione dell'intervento progettuale.

Per la stima dei benefici percepiti per gli utenti è stato stimato:

- la variazione del surplus del consumatore, per l'aliquota di domanda relativa ai pendolari e i residenti dell'area di studio;
- la riduzione dei costi e tempi di viaggio per l'aliquota di domanda relativa ai turisti. Per quanto riguarda il surplus del consumatore si è tenuto in conto che la riattivazione della linea ferroviaria tra Formia e Gaeta rappresenterà una nuova ulteriore modalità di trasporto (opportunità) per coloro che si spostano tra i due Comuni interessati (indipendentemente dal livello di utilizzo del nuovo collegamento). Così come descritto nel § 4.2.1, tramite il modello di scelta modale *Logit Multinomiale* calibrato per i residenti di Formia e Gaeta, è stato possibile stimare il valore monetario imputabile alla variazione di surplus del consumatore *SP* tramite la relazione (1) e (2) riportata nel § 4.2.1.

Per l'aliquota di domanda relativa ai turisti è stato monetizzata la variazione di costo generalizzato medio di trasporto (ΔCGP), ovvero il risparmio di tempo e costo monetario di viaggio nella condizione di progetto, attraverso la relazione:

$$\begin{aligned}\Delta CGP &= \text{variazioni di tempo} + \text{variazioni di costo carburante} = \\ &= \Delta \text{veicoli-ora} \cdot \text{coeff.riemp.} \cdot VTTS + \\ &\quad \Delta \text{veicoli-km} \cdot \text{CONSUMO} \cdot \text{COSTO}\end{aligned}$$

dove:

- ΔCGP è la variazione di costo generalizzato medio per i turisti direttamente interessati dall'intervento;
- $\Delta \text{veicoli-ora}$ è la variazione di tempo complessivo espressa in veicoli-ora all'anno generata dal progetto (stimata con approccio diretto e illustrato nel § 5.2);
- $\Delta \text{veicoli-km}$ è la variazione percorrenza in auto complessiva espressa in veicoli-km all'anno generata dal progetto (stimata con approccio diretto e illustrato nel § 5.2.);

coeff. riemp. è il coefficiente medio di riempimento di un veicolo stimato tramite indagini ed conteggi di traffico (§ 5.2.);

according to the population growth forecasts provided by ISTAT for the Lazio Region [40].

5.3. Cost estimation

To estimate the costs attributable to the redevelopment project of the Formia-Gaeta railway line, reference was made to the financial framework provided by the Sud Pontino Consortium. The total cost for the redevelopment and electrification of the work, the construction of a multi-storey car park and the construction of three intermediate stations was quantified at € 34,8 million, of which about € 8,8 million already spent, as mentioned, for the construction of the first section (2/3 of the total length) [32]. Prudentially, the cost-benefit analysis was carried out considering the entire cost of the work and not only the portion that is currently missing for its completion, also assuming that the necessary investment is shared equally in the two years attributable to completion of the work. As required by the proposed methodology, "tax corrections" and "corrections attributable to non-fiscal market imperfections" were applied to the cost of the work. Therefore, construction costs (C_1) and maintenance and management costs (C_2) (Table 5) have been multiplied by an average correction coefficient estimated starting from the conversion coefficients relating to the individual cost items provided by the Unit of Evaluation of public investments [13] and reported in Table 6.

The time horizon of the analysis (i.e. the evaluation period) is considered to be lower than the economic life of the work, for which, in addition to construction (C_1) and management and maintenance costs (C_2), the residual value of the work was calculated (C_3), however, assessed with a positive sign in the analyses. The residual value of the work represents an income of the project and takes into account the revenues and costs of the project beyond the time horizon of the analysis. As prescribed in the CIPE (Interministerial Committee for Economical Planning) Resolution [41], it was prudentially set at 10% of the total value of the work, with "tax corrections" and "corrections attributable to non-fiscal market imperfections" reversed.

5.4. Estimating benefits

The benefits produced by the activation of the railway line were calculated as the difference between project scenario P (line activation) and the non-project scenario (NP). These impacts were assessed on the basis of the benefiting subjects, i.e.:

- benefits for users: that is the impact for the users of the transport system being studied;
- benefits for non-users: or for those who, even if they are not transport users, will perceive impacts (benefits) for the realisation of the project intervention.

To estimate the benefits received for users, the following was estimated:

- *VTTS (Value of Travel Time Savings)* è il valore monetario del tempo (€/ora) relativo a spostamenti di media e lunga percorrenza e per motivo turismo e fissato pari a 7,00 €/ora. Inoltre, si è ipotizzato che il VTTS possa variare nel tempo (aumentare/diminuire) in ragione di variazioni di variabili macro-economiche (PIL). Precisamente, a partire dalle stime dle PIL fornite dal Fondo Monetario Internazionale è stata ipotizzata una elasticità del VTTS al PIL di 0,5 (ovvero il 50% inferiore, ovvero se si stima che il PIL crescerà dell'1%, si è ipotizzato che il VTTS cresca dello 0,5%);
- *CONSUMO* è il consumo medio di carburante (l/km) di un veicolo medio secondo la composizione del parco veicolare circolante nell'area di studio (fonte dati ACI);
- *COSTO* è il costo medio (industriale) del carburante (€/l) stimato a partire dai dati forniti dall'Unione Petrolifera Italiana e dai dati unitari del modello europeo di emissione e consumi energetici da traffico COPERT.

L'ultima esternalità stimata per gli utenti del sistema riguarda i costi operativi, ovvero quei costi non percepiti imputabili, ad esempio, alle variazioni di consumo di lubrificanti, pneumatici ed alla manutenzione e deprezzamento del veicolo. Per la stima di tali costi si è utilizzato il valore economico unitario per le auto pari a 0,080 €/veicolo-km, così come suggerito da [12].

Il trend dei benefici per gli utenti è stato stimato per tutto il periodo d'analisi a partire dal trend della popolazione residente nelle regioni Lazio e Campania (ISTAT, 2015-2047).

La stima dei benefici per i non utenti (relativi alla riduzione dell'esternalità dei gas climalteranti, emissioni inquinanti, emissioni sonore, incidentalità e congestione) è stata ottenuta moltiplicando le variazioni di veicoli-km prodotte dal progetto (stimate e illustrate nel § 5.2) per un costo marginale fornito dalla Comunità Europea [11]. Il costo marginale relativo all'emissione di gas climalteranti e alle emissioni inquinanti è stato stimato a partire dai coefficienti unitari (attualizzati al 2016) sempre proposti dalla Comunità Europea [11] e pesati rispetto alla composizione del parco veicolare della provincia di Latina (ACI, 2014-2016) [42].

Il trend dei benefici per i non utenti è stato stimato per tutto il periodo d'analisi a partire dal trend del parco veicolare della provincia di Latina [27] e [42]. In Tabella 7 sono riportati i principali benefici stimati per tutto il periodo di analisi considerato.

In considerazione dei benefici e costi calcolati, sono stati stimati (Tabella 8) i principali indicatori di redditività economica così come descritto nel § 4.3.

6. Conclusioni

Finalità del presente studio è stata quella di investigare sull'utilità sociale della riqualificazione della linea storica Formia-Gaeta che, localizzata in un'area a forte vocazione

- *the variation of the consumer surplus, due to the demand rate for commuters and residents of the study area;*
- *the reduction of costs and travel times due to the tourist demand rate. With regard to consumer surplus it was considered that the reactivation of the railway line between Formia and Gaeta will represent a new additional transport mode (opportunity) for those travelling between the two Municipalities concerned (regardless of the level of use of the new connection). As described in § 4.2.1, using the Logit Multinomial model for the residents of Formia and Gaeta, the monetary value attributable to the change in consumer surplus SP could be estimated through relation (1) and (2) reported in § 4.2.1.*

For the demand rate relating to tourists, the change in average general transport cost (ΔCGP) was monetised, or the saving of time and travel monetary cost in the project condition, through the relation:

$$\begin{aligned}\Delta CGP &= \text{time variations} + \text{fuel cost variations} = \\ &= \Delta \text{vehicles-hour} \cdot \text{refuelling coeff.} \cdot VTTS + \\ &\quad \Delta \text{vehicles-km} \cdot \text{CONSUMPTION} \cdot \text{COST}\end{aligned}$$

where:

- *ΔCGP is the average generalised cost change for tourists directly affected by the intervention;*
- *$\Delta \text{vehicles-hour}$ is the total time variation expressed in vehicles-hour per year generated by the project (estimated with a direct approach and illustrated in § 5.2);*
- *$\Delta \text{vehicles-km}$ is the total distance travelled by car expressed in vehicles-km per year generated by the project (estimated with a direct approach and illustrated in § 5.2);*

refuelling coeff. is the average refuelling coefficient of a vehicle estimated through surveys and traffic calculations (§ 5.2.);

- *VTTS (Value of Travel Time Savings) is the monetary value of time (€/hour) related to medium and long distance journeys and for tourism reason and is set at € 7.00 hour. Furthermore, it has been hypothesised that VTTS may vary over time (increase/decrease) due to changes in macro-economic variables (GDP). Precisely, starting from the GDP estimates provided by the International Monetary Fund, an elasticity of VTTS has been assumed at a GDP of 0.5 (or 50% lower, or if it is estimated that GDP will grow by 1%, it was assumed that the VTTS grows by 0.5%);*
- *CONSUMPTION is the average fuel consumption (l/km) of an average vehicle according to the composition of the vehicle fleet circulating in the study area (ACI data source);*
- *COST is the average (industrial) cost of fuel (€/l) estimated from the data provided by the Italian Petroleum*

Tabella 7 – Table 7

I benefici per la riattivazione della linea ferroviaria Formia-Gaeta a prezzi 2016 e a prezzi costanti
Benefits for the reactivation of the Formia-Gaeta railway line at 2016 prices and at constant prices

	Tipologia di Benefici Type of Benefits	Totale (prezzi 2016; r=3%) Mln € Total (2016 prices; r=3%) Mln €	Totale (prezzi costanti) Mln € Total (constant prices) Mln €
Utenti Users	B ₁ . Surplus Consumatore (pendolari/ residenti) B ₁ . Consumer Surplus (commuters/residents)	35,35	56,05
	B ₂ . Riduzione dei Costi e Tempi (Surplus turisti) B ₂ . Cost and Time Reduction (Surplus tourists)	13,62	21,60
	B ₃ . Benefici non percepiti B ₃ . Benefits not perceived	9,25	14,67
Non utenti Non-users	B ₄ . Riduzione gas climalteranti B ₄ . Reduction of climate-changing gases	2,70	4,28
	B ₅ . Riduzione emissioni inquinanti B ₅ . Reduction of polluting emissions	1,03	1,64
	B ₆ . Riduzione emissioni sonore B ₆ . Noise reduction	0,10	0,16
	B ₇ . Riduzione incidentalità B ₇ . Accident reduction	0,69	1,10
	B ₈ . Riduzione di congestione B ₈ . Congestion reduction	2,55	4,05

turistica, quella del basso Lazio, oggi soffre grandi problemi di congestione stradale ed è priva di un trasporto collettivo di qualità. La tratta ferroviaria Formia-Gaeta è parte della linea Sparanise-Gaeta, la cui storia risulta tanto antica quanto complessa e tortuosa. L'apertura della linea risale al 3 maggio 1892 è conclusa, dopo diverse vicissitu-

Tabella 8 – Table 8

Gli indicatori sintetici per la valutazione economica della linea ferroviaria Formia-Gaeta
Summary indicators for the economic evaluation of the Formia-Gaeta railway line

Gli indicatori sintetici di valutazione Summary evaluation indicators	
VAN NPV	26,67
SRI IRR	8,60%
RAPPORTO B/C B/C RATIO	1,7
PAY-BACK PERIOD (ANNI) PAY-BACK PERIOD (YEARS)	15

Union and the unitary data of the European COPERT traffic emission model and energy consumption.

The last estimated externality for the users of the system concerns operating costs, that is those unperceived costs attributable, for instance, to variations in the consumption of lubricants, tyres and to the maintenance and depreciation of the vehicle. To estimate these costs, the unit economic value was used for cars equal to € 0.080/vehicle-km, as suggested by [12].

The trend of benefits for users has been estimated for the entire analysis period starting from the trend of the resident population in the Lazio and Campania regions (ISTAT, 2015-2047).

The estimate of the benefits for non-users (relating to the reduction of the external effects of climate-changing gases, polluting emissions, noise emissions, accidents and congestion) was obtained by multiplying the vehicle variations-km produced by the project (estimated and illustrated in § 5.2) for a marginal cost provided by the European Community [11]. The marginal cost related to the emission of climate-changing gases and polluting emissions was estimated starting from the unit coefficients (discounted to 2016) always proposed by the European Community [11] and weighed with respect to the composition of the vehicle fleet of the province of Latina (ACI, 2014-2016) [42].

The trend of benefits for non-users was estimated for the entire analysis period starting from the trend of the vehicle fleet in the province of Latina [27] and [42]. Table 7 shows the main benefits estimated for the entire analysis period considered.

In consideration of the benefits and costs calculated, the main economic profitability indicators were estimated (Table 8) as described in § 4.3.

6. Conclusions

The purpose of this study was to investigate the social utility of the redevelopment of the historic Formia-Gaeta line, located in an area with a strong tourist vocation, that of lower Lazio, that today suffers from major road congestion problems and is devoid of quality collective transport. The Formia-Gaeta railway line is part of the Sparanise-Gaeta line, whose history is as ancient as it is complex and tortuous. The opening of the line dates back to May 3,

dini, nel 1898. Nel 2005 è stato presentato un progetto di riqualificazione parzialmente finanziato, che ha portato alla rifunzionalizzazione di 6 dei 9 km totali del tracciato. Al fine di completare l'intervento, è stata redatta una analisi costi-benefici finalizzata a verificare l'utilità sociale di tale linea ferroviaria. Per lo studio si è tenuto conto della recente normativa italiana in materia di valutazione degli investimenti in opere pubbliche nonché i principali riferimenti tecnico-scientifici di settore. I risultati delle stime mostrano come questo intervento risulta socialmente utile producendo un rapporto benefici/costi pari a circa pari a 2 (VAN = 27 Mln €; SRI = 9%; PayBack Period = 15 anni).

Al fine di verificare la robustezza dei risultati conseguiti è stata inoltre eseguita un'analisi di sensitività. Attraverso tale analisi è stato possibile verificare se, variando le ipotesi riguardanti sia le previsioni di traffico che i parametri monetari o di stima, gli indicatori di prestazione (ad esempio il VAN) conducono agli stessi risultati di convenienza economica. In particolare, sono state applicate delle variazioni in positivo e negativo ($\pm 10\%$ e $\pm 20\%$) ai parametri/indicatori funzionali alle stime dei flussi di traffico, dei benefici e dei costi del progetto ed è stato valutato se, e in che misura, cambiavano gli indicatori sintetici stimati (es. VAN e SRI). Le variabili critiche sulle quali è stata verificata la robustezza dei risultati sono state: la domanda di mobilità catturabile; i delta veicoli-km e delta veicoli-ora; i coefficienti di riempimento medio delle auto; i coefficienti di costo unitario (€/veicoli-km) e di impatto; il valore monetario del tempo (VTTS); il tasso di sconto r .

I risultati dell'analisi di sensitività mostrano come, in tutti gli scenari simulati, la riattivazione della linea Formia-Gaeta risulta un intervento infrastrutturale utile per la collettività e che si ripaga in termini di benefici prodotti in 15-20 anni.

1892 and ended, after several trials and tribulations, in 1898. In 2005 a partially funded redevelopment project was presented, which led to the re-functioning of 6 of the total 9 km of the track. In order to complete the intervention, a cost-benefit analysis was drawn up aimed at verifying the social utility of this railway line. The study has taken into account the recent Italian legislation on the evaluation of investments in public works as well as the main technical and scientific references in the sector. The results of the estimates show that this intervention is socially useful, producing a benefit/cost ratio approximately equal to 2 (NPV = 27 Mln €; IRR = 9%; PayBack Period = 15 years).

A sensitivity analysis was also performed to verify the robustness of the results achieved. Through this analysis it was possible to verify whether the performance indicators (for example the NPV) lead to the same economic convenience results, by varying the assumptions regarding both the traffic forecasts and the monetary or estimation parameters. In particular, positive and negative variations ($\pm 10\%$ and $\pm 20\%$) were applied to the parameters/indicators functional to the estimates of traffic flows, benefits and costs of the project and were assessed if, and to what extent, the estimated synthetic indicators changed (e.g. NPV and IRR). The critical variables on which the robustness of the results was verified were: the demand for capture mobility; delta vehicles-km and delta vehicles-hour; the average refuelling coefficients of the cars; the coefficients of unit cost (€/vehicle-km) and impact; the monetary value of time (VTTS); the r discount rate.

The results of the sensitivity analysis show how, in all the simulated scenarios, the reactivation of the Formia-Gaeta line results in an infrastructural intervention useful for the community and that pays for itself in 15-20 years in terms of benefits produced.

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] L. CEFFA (2011), "Dalla Bayard al Frecciarossa, una breve storia delle ferrovie in Italia".
- [2] A. TUZZA (2009), dal sito "Treni di carta" scaricabile dal sito <http://www.miol.it/>, ultimo accesso maggio 2019.
- [3] E. CASCETTA (2019), "Perché TAV, Risultati, prospettive e rischi di un progetto Paese", il sole 24ore.
- [4] E. CASCETTA, A. CARTENI, I. HENKE (2014), "Stations quality, aesthetics and attractiveness of rail transport: empirical evidence and mathematical models" / "Qualità delle stazioni, estetica e attrattività del trasporto ferroviario: evidenze empiriche e modelli matematici", *Ingegneria Ferroviaria*, 69 (4), pp. 307-324.
- [5] E. CASCETTA, A. CARTENI, A. CARBONE (2013), "The quality in public transportation. The Campania regional metro system" / "La progettazione quality-based nel trasporto pubblico locale. Il sistema di metropolitana regionale della Campania", *Ingegneria Ferroviaria*, 68 (3), pp. 241-261.
- [6] A. CARTENI, I. HENKE, (2017), "External costs estimation in a cost-benefit analysis: The new Formia-Gaeta tourist railway line in Italy". Conference Proceedings - 2017 17th IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 1st IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2017, art. no. 7977614.
- [7] A. CARTENI, L. PARIOTA, I. HENKE (2016), "The effects of High Speed Rail on the touristic attractiveness of the main Italian cities" / "Gli effetti dell'alta velocità ferroviaria sull'attrattività turistica delle principali città italiane", *Ingegneria Ferroviaria*, 71 (3), pp. 229-245.

- [8] Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento per gli affari giuridici e legislativi (2013), *Le tecniche di valutazione: alternative percorribili*.
- [9] European Commission (2014), *"Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects"*.
- [10] HEATCO (2006), *"Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, Deliverable 5: Proposal for Harmonised Guidelines"*.
- [11] Ricardo-AEA DG MOVE (2014), *"Update of the Handbook on External Costs of Transport"*. Final Report. Report for the European Commission.
- [12] Regione Lombardia (2014), *"Interventi infrastrutturali: linee guida per la redazione di studi di fattibilità"*.
- [13] Unità di Valutazione degli investimenti pubblici - UVAL (2014), *"Lo studio di fattibilità nei progetti locali realizzati in forma partenariale: una guida e uno strumento"*.
- [14] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2016), *"Linee Guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche nei settori di competenza del ministero delle infrastrutture e dei trasporti"*.
- [15] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2016). D.lgs 50- Nuovo Codice degli appalti con correttivi approvati nel 2017, D.lgs, 57.
- [16] A. CARTENÌ, I. HENKE, (2017), *"External costs estimation in a cost-benefit analysis: The new Formia-Gaeta tourist railway line in Italy. Conference Proceedings"* - 2017 17th IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 1st IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2017, art. no. 7977614.
- [17] A. CARTENÌ, (2018), *"A cost-benefit analysis based on the carbon footprint derived from plug-in hybrid electric buses for urban public transport services"*, WSEAS Transactions on Environment and Development, 14, pp. 125-135.
- [18] A. CARTENÌ, I. HENKE, C. MOLITIERNO, (2018), *"A cost-benefit analysis of the metro line 1 in Naples, Italy"*, WSEAS Transactions on Business and Economics, 15, pp. 529-538.
- [19] A. CARTENÌ, M.L. DE GUGLIELMO, PASCALE, (2018), *"Congested urban areas with high interactions between vehicular and pedestrian flows: A cost-benefit analysis for a sustainable transport policy in Naples, Italy"*, Open Transportation Journal, 12 (1), pp. 273-288.
- [20] A. CARTENÌ, I. HENKE, F. MALLOZZI, C. MOLITIERNO, (2018), *"A multi-criteria analysis as a rational evaluation process for a new highway in Italy"*, WIT Transactions on Ecology and the Environment, 217, pp. 713-723.
- [21] A. CARTENÌ, M.L. DE GUGLIELMO, I. HENKE, (2018), *"Design of Sustainable Urban Transport Infrastructures: A Real Case Application in Italy"*, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) 9(10); pp. 2131-2147.
- [22] E. CASCETTA, A. CARTENÌ, F. PAGLIARA, M. MONTANINO, (2015), *"A new look at planning and designing transportation systems: A decision-making model based on cognitive rationality, stakeholder engagement and quantitative methods"*, Transport Policy, 38, pp.27-39.
- [23] A. CARTENÌ, (2014), *"Urban sustainable mobility. Part 1: Rationality in transport planning"*, Transport Problems, 9 (4); pp. 39 - 48.
- [24] A. CARTENÌ, (2015), *"Urban sustainable mobility. Part 2: Simulation models and impacts estimation"*, Transport Problems, 10 (1), pp. 5-16.
- [25] A. CARTENÌ, M.L. DE GUGLIELMO, N. PASCALE, M. CALABRESE, (2017), *"An adaptive rational decision-making process for developing sustainable urban mobility plans"*, International Journal of Civil Engineering and Technology, 8 (7), pp. 1147-1156.
- [26] D. KAHNEMAN, A. TVERSKY, (1979), *"Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk"*, Econometrica, 47, 2., pp. 263-292.
- [27] A. CARTENÌ, (2017), *"Processi decisionali e Pianificazione dei trasporti"*, Lulu International.
- [28] B. FLYVBJERG, M.S. HOLM, S. BUHL, (2002), *"Underestimating Costs in Public Works Projects. Error or Lie?"*, APA Journal, 68, 3.
- [29] B. FLYVBJERG, (2007), *"Cost Overruns and Demand Shortfalls in Urban Rail and Other Infrastructure"*, Transportation Planning and Technology, 30, 1, pp. 9-30.

- [30] I. HENKE, T. BAZZICHELLI, (2018), *"The key role of cities in the urban mobility policies: New laws and new investment"* / *"Il ruolo chiave delle città metropolitane nella politica di sviluppo della mobilità pubblica: Nuove regole, Nuovi investimenti"*, Ingegneria Ferroviaria, Vol. 73 (12), pp. 979-1002.
- [31] L. DE CRESCENZO, (2019), www.facebook.com/ferroviaformiagaeta/.
- [32] A. CARTENÌ, I. HENKE, (2016), *"Consenso pubblico ed analisi economico finanziaria nel "progetto di fattibilità" Linee guida ed applicazione al progetto di riqualificazione della Linea ferroviaria Formia-Gaeta"*. Lulu Edition.
- [33] A. CARTENÌ, (2014), *"Accessibility indicators for freight transport terminals. Arabian Journal for Science and Engineering"*, Vol. 39 (11), pp 7647-7660.
- [34] E. CASCETTA, A. CARTENÌ, M. MONTANINO, (2016), *"A behavioral model of accessibility based on the number of available opportunities"*. Journal of Transport Geography 51, pp. 45-58.
- [35] E. CASCETTA, (2006), *"Modelli per i sistemi di trasporto – Teoria e applicazioni"*, UTET.
- [36] S. DE LUCA, A. CARTENÌ, (2013), *"A multi-scale modelling architecture for estimating of transport mode choice induced by a new railway connection: The Salerno-University of Salerno-Mercato San Severino Route"* / *"Un'architettura modellistica multi-scala per la stima delle ripartizioni modali indotte da un nuovo collegamento ferroviario: il caso studio della tratta Salerno-Università di Salerno-Mercato San Severino"*, Ingegneria Ferroviaria, Vol. 68 (5), pp. 447-473.
- [37] Regolamento Europeo n. 480 del 3 marzo 2014 recante disposizioni comuni sul Fondo europeo di sviluppo regionale, sul Fondo sociale europeo, sul Fondo di coesione, sul Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale e sul Fondo europeo per gli affari marittimi e la pesca e disposizioni generali sul Fondo europeo di sviluppo regionale, sul Fondo sociale europeo, sul Fondo di coesione e sul Fondo europeo per gli affari marittimi e la pesca.
- [38] Regolamento Europeo n. 207 del 20 gennaio 2015 recante disposizioni comuni sul Fondo europeo di sviluppo regionale, sul Fondo sociale europeo, sul Fondo di coesione, sul Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale e sul Fondo europeo per gli affari marittimi.
- [39] M. BIERLAIRE, (2003), *"BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models"*, Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference, Ascona, Switzerland.
- [40] ISTAT, 2014-2016 disponibili su <http://www.istat.it/it/prodotti/banche-dati> (ultimo accesso novembre 2016).
- [41] Delibera CIPE n.96 del 20 dicembre 2004 nell'ambito della programmazione economica.
- [42] ACI 2014-2016 disponibile sul sito <http://www.aci.it/> (ultimo accesso novembre 2016).