

**Politecnico di Milano**  
SCUOLA DI INGEGNERIA CIVILE,  
AMBIENTALE E TERRITORIALE



LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

---

IL TRASPORTO FERROVIARIO NOTTURNO  
ED IL SERVIZIO AUTO AL SEGUITO IN ITALIA:  
FATTIBILITÀ E PROSPETTIVE DI SVILUPPO

---

Simone CANNARSA

RELATORE:

Prof. Ing. Roberto MAJA

CORRELATORE:

Ing. Iacopo DI BATTISTA

---

MILANO - ANNO ACCADEMICO 2021/2022



# Sommario

L'obiettivo della tesi è fornire una nuova prospettiva alla letteratura esistente in merito al trasporto ferroviario in Italia attraverso uno studio di fattibilità incentrato sul ripristino di un servizio notturno nazionale con trasporto auto al seguito.

Si è deciso di approfondire l'argomento in seguito ad un tirocinio svolto presso l'impresa ferroviaria GTE – Grandi Treni Espressi S.p.A. grazie al quale si è preso atto delle potenzialità inesprese di tali servizi, alla luce del rinnovato interesse a livello comunitario verso il trasporto ferroviario.

Il lavoro si articola in diverse fasi, partendo dalla creazione di un modello di scelta per valutare la ripartizione modale dei viaggiatori, in particolar modo turisti. È stato scelto il logit multinomiale, individuando degli attributi rappresentativi della realtà in esame, tra cui il comfort di viaggio. Il modello è stato calibrato grazie ai dati reali raccolti tramite un'indagine SP, ottenendo oltre ottocento risposte e una significativa risonanza mediatica. L'analisi è stata divisa a seconda del periodo di soggiorno considerato dai rispondenti e delle loro preferenze di spostamento. È stato dunque possibile ricavare le probabilità di scelta per ogni alternativa di trasporto e valutare la sensibilità dell'utenza alla variazione ai singoli attributi del modello.

Successivamente, si è passati all'applicazione dei risultati in un contesto reale, concentrandosi su due casi studio lungo le direttrici Torino-Bari-Lecce e Verona-Bari-Lecce. Sono stati definiti i volumi di viaggiatori annuali consultando i relativi portali regionali del turismo, ai quali poi sono stati applicati i risultati ottenuti dal modello. Inoltre, è stata fatta una panoramica in merito ai servizi da garantire a bordo del treno e agli interventi da realizzare sui terminali per poter effettivamente attivare il servizio.

Si è poi passati agli aspetti economici e finanziari, soffermandosi sia sui costi di competenza del gestore ferroviario, sia sulle principali spese che un'impresa ferroviaria interessata dovrebbe considerare. Non sono state trascurate considerazioni in merito ai potenziali ricavi del servizio e al conseguente profitto dell'impresa. Tali valutazioni hanno consentito di stabilire se il ripristino di tali collegamenti possa essere o meno un'opportunità a livello nazionale, soffermandosi anche sulle possibili evoluzioni del settore nel prossimo futuro.

**Parole chiave:** lunga percorrenza; intercity; trasporto notturno; auto al seguito; Italia; modello di scelta modale; comfort di viaggio; indagine SP; costi del servizio auto al seguito.



# Abstract

This thesis presents a feasibility study on the reintroduction of the motorail service on night trains in Italy. The decision to explore this topic was inspired by an internship at the railway undertaking GTE-Grandi Treni Espressi S.p.A., thanks to which I became aware of the unexpressed potential of such services, in light of the renewed interest in rail transport at EU level.

The work consists of several stages, starting with the creation of a choice model to evaluate the modal split of travellers, especially tourists.

It was decided to adopt the multinomial logit, choosing attributes representative of the reality under consideration, including travel comfort. The model was calibrated using real data collected through an SP survey, which allowed to collect over eight hundred responses and a significant media exposure. The analysis was divided into two different parts, depending on the period of stay considered by the respondents. Then, the probabilities of choice of the different modes of transport were derived as well as the sensitivity of the users to variation in the individual attributes of the model.

Next, the results were applied in a real context, focusing on two case studies, the Turin-Bari-Lecce and Verona-Bari-Lecce rail routes. Annual traveller volumes were defined by consulting the relevant regional tourism portals, to which the results obtained from the model were then applied. In addition, an overview was given of the services to be guaranteed on board the train and the work to be done on the terminals in order to actually activate the service.

After that, the economic and financial aspects were discussed, considering both on the costs that are the responsibility of the infrastructure manager and on the main expenses that an interested railway undertaking should consider. Considerations regarding the potential revenues of the service and the resulting profit of the company were not neglected. These evaluations made it possible to determine whether or not the restoration of these connections could be an opportunity at national level, also focusing on possible developments in the sector in the near future.

**Keywords:** long-distance; intercity; night transport; accompanying car; Italy; modal choice model; travel comfort; SP survey; cost of motorail services.



# Introduzione

L'obiettivo ultimo che ci si pone col presente lavoro è offrire uno spunto di discussione in merito al ripensamento della mobilità a lunga distanza a livello nazionale, valutando la bontà e la sostenibilità tecnico-economica di reintroduzione di un servizio ferroviario *notturmo* con possibilità di *trasporto veicoli al seguito*.

Tramite questo studio cercherò di analizzare principalmente il processo di scelta dei viaggiatori in termini di distribuzione modale, al fine di contribuire ad una maggiore comprensione delle esigenze e dei comportamenti dei passeggeri, per poi valutare i vincoli tecnici ed economici che i differenti soggetti in gioco (imprese ferroviarie, gestori dell'infrastruttura e decisori politici territoriali) devono affrontare per poter riattivare concretamente questo tipo di collegamento.

Attraverso la raccolta e l'elaborazione di dati, ho voluto, dunque, fornire una panoramica completa sul tema, tramite informazioni utili per la pianificazione e l'implementazione di politiche e servizi di trasporto efficaci a livello nazionale.

Faccio presente che, in ambito italiano, questo tema non ha ancora ricevuto le necessarie attenzioni. Fino ad oggi, infatti, non è stato condotto alcuno studio in Italia su questa specifica categoria di servizi, nonostante si riscontri una crescente consapevolezza dell'importanza di migliorare l'offerta di trasporti ferroviari e di sviluppare servizi integrati per rispondere alle esigenze dei passeggeri, promuovendo al contempo una mobilità sostenibile.

## Domande di ricerca e motivazioni

Gli scopi prefissati all'inizio del mio lavoro di ricerca possono essere riassunti nelle seguenti domande, alle quali cercherò di rispondere durante la stesura della mia tesi:

- *Quali sono le criticità tecniche, normative ed infrastrutturali da affrontare per una reintroduzione del servizio veicoli al seguito?*
- *Esiste una nicchia di mercato nazionale interessata a questa categoria di trasporto?*
- *In che modo garantire un servizio moderno ed efficiente al fine di renderlo appetibile per l'utenza?*

- *In che misura le variabili socio-demografiche influenzano la scelta modale? È possibile individuare un identikit del potenziale utente medio interessato?*
- *Quanto incide sulla scelta modale la possibilità di caricare a bordo del treno il proprio veicolo?*
- *Quali sono le voci di spesa che un'eventuale impresa ferroviaria interessata dovrebbe sostenere ai fini della riattivazione di tali collegamenti?*
- *Un servizio auto + treno può rivelarsi economicamente sostenibile all'interno del contesto italiano?*

Queste domande rappresenteranno le linee guida attraverso cui analizzerò il tema, cercando di condurre una trattazione di ampio respiro sotto i seguenti punti di vista:

- **SOCIALE:** si cercherà di avere un quadro più chiaro di ciò che muove gli individui a compiere delle scelte modali quando si tratta di considerare spostamenti di lunga distanza;
- **TECNICO-ECONOMICO:** ci si chiederà quali sono i problemi che un'impresa ferroviaria interessata deve affrontare per costruire un'offerta di trasporto che sia sostenibile nel lungo periodo;
- **POLITICO:** verrà sollevata la questione su come i decisori politici a livello nazionale e territoriale possano sostenere l'iniziativa al fine di promuovere un differente approccio alla mobilità a lunga distanza, favorendo le connessioni con aree a più elevata carenza infrastrutturale.

In generale, dunque, si tenterà di fornire un contributo utile a far luce su un argomento marginalmente approfondito e scarsamente mappato, che può aprire un ventaglio nuovo di opportunità nel settore del trasporto ferroviario passeggeri nazionale.

## Schema della tesi

Riporto di seguito una sintesi dei contenuti affrontati nell'elaborato di tesi, riportando una sintetica descrizione dei capitoli con i quali si articola il testo:

- Il **Capitolo 1** getta le basi del tema affrontato, evidenziando le caratteristiche principali dei servizi ferroviari passeggeri notturni e con veicoli al seguito, soffermandosi sui rotabili e sulle infrastrutture;
- Il **Capitolo 2** presenta lo stato dell'arte della letteratura in tale campo, focalizzandosi poi sull'attuale offerta ferroviaria notturna e con veicoli al seguito in Europa e, nello specifico, in Italia. Si tratteranno soprattutto il declino del settore nel recente passato e le future prospettive di crescita;

- Il **Capitolo 3** descrive la formulazione di un modello di scelta modale scelto per costruire un'analisi della domanda potenziale interessata ad un servizio auto + treno lungo una direttrice nazionale. In questa fase vengono presentate le alternative di trasporto e i relativi attributi che caratterizzano il modello;
- Il **Capitolo 4** contiene la formulazione dell'indagine SP e i risultati ottenuti dal modello in termini caratteristiche del campione e di scelta modale. In seguito, si passa alla fase di calibrazione tramite metodo della log-verosimiglianza.
- Il **Capitolo 5** è dedicato all'analisi di sensibilità del modello e alla definizione delle tariffe di viaggio.
- Il **Capitolo 6** verte sulla pianificazione tattica di un servizio notturno con veicoli al seguito impostato lungo una direttrice nazionale nord-sud. Vengono toccati aspetti quali: la scelta della tratta, le tracce orarie, le infrastrutture necessarie e lo studio dei flussi di viaggiatori.
- Il **Capitolo 7** si concentra sull'analisi finanziaria del programma, analizzando costi, ricavi e flussi di cassa correlati al collegamento pianificato. L'analisi toccherà solo gli aspetti principali del servizio, ovvero i costi legati alle infrastrutture, al parco rotabili, al personale e alle principali operazioni di esercizio.
- Il **Capitolo 8** espone, invece, i possibili sviluppi che possono riguardare i servizi passeggeri notturni e con auto al seguito in virtù dei nuovi trend di mobilità e del potenziale ripristino di collegamenti ad oggi soppressi.
- Infine, viene presentato un **Capitolo conclusivo** in cui vengono sintetizzati i risultati del lavoro.



# Capitolo 1

## Inquadramento del tema

Secondo un recente studio commissionato da Greenpeace e condotto da OBC Transeuropa, attualmente circa 81 milioni di passeggeri in Europa potrebbero scegliere di viaggiare in treno invece che in aereo per tragitti di medio-lunga distanza, compresi tra gli 800 e i 1500 chilometri [36].

Il periodo post-COVID, inoltre, ha visto una crescente popolarità del treno come mezzo di trasporto, sia per viaggi brevi che lunghi. In Italia, secondo i dati raccolti da Altroconsumo, nel 2022 si è registrato un vertiginoso aumento dei prezzi legati al trasporto aereo e su gomma, a cui si contrappone un andamento in controtendenza del trasporto ferroviario, il quale presenta una diminuzione del 10% rispetto al 2021 e del 2% rispetto al periodo pre-pandemico [4].

In aggiunta, bisogna considerare che l'aereo offre tempi di volo brevi ma un'esperienza di viaggio spesso stressante e inefficiente, mentre la guida in auto può comportare lunghe ore di viaggio e disagi alla guida. Optare per un servizio di trasporto collettivo, però, vuol dire anche perdere la flessibilità e la libertà di spostamento garantiti dal mezzo privato, elementi a cui è difficile che i viaggiatori siano disposti a rinunciare.

In tale ottica, il tema dell'intermodalità in campo passeggeri potrebbe risultare attrattivo anche sulle lunghe distanze col servizio *auto + treno*, altresì chiamato *veicoli al seguito* o *autozug*, in tedesco, rappresentando un'interessante alternativa al trasporto stradale unimodale privato [8], soprattutto verso quelle destinazioni del territorio italiano che presentano una scarsa accessibilità a causa della carenza di infrastrutture e servizi che le caratterizzano [17] [18].

Si può concludere dicendo che la pianificazione di un servizio auto + treno, soprattutto nella sua veste *notturna*, può rivelarsi una scelta vincente, aiutando al contempo a:

- introdurre una nuova alternativa di trasporto sulle medie-lunghe distanze;
- favorire un parziale cambio modale a favore del treno;
- risolvere l'equazione climatica sviluppando un'alternativa sostenibile all'aviazione, per molti sinonimo di "*flygskam*" ("vergognarsi di volare", in svedese).

L'auspicio è che, dunque, si vada a strutturare un approccio alla mobilità diverso e complementare all'attuale offerta, ripercorribile poi su più direttrici e contesti territoriali, sia interni sia transfrontalieri, applicando una metodologia di analisi mirata al tipo di utenza che si vuole andare a intercettare.

## 1.1 Definizione di treno notturno

In generale, un treno notturno si distingue dal resto dell'offerta ferroviaria passeggeri per tre aspetti:

- tipo di treno;
- orari di servizio;
- classi di sedute;

Per quanto riguarda il primo punto, si possono individuare tre categorie, riassunte in Figura 1.1:

- treni diurni applicati in contesti notturni: un esempio di questo tipo è quello del servizio periodico AV notturno che collega Milano alla Calabria, il quale consente ai passeggeri di viaggiare di notte con i comfort e i servizi del Frecciarossa.
- treni notturni "convenzionali": operano sulle lunghe distanze nazionali ed internazionali garantendo diversi livelli di comfort (sedute reclinabili, cuccette, scompartimenti letto). Per il lavoro in questione ci si concentrerà su questa categoria [51].
- treni turistici: offrono un servizio di alto livello su un viaggio di uno o più giorni. A tal proposito si menziona il cosiddetto "Treno della Dolce Vita", rilanciato da Trenitalia – Gruppo Ferrovie dello Stato – e Fondazione FS Italiane, il quale percorrerà, a partire dal 2024, le più suggestive strade ferrate italiane.

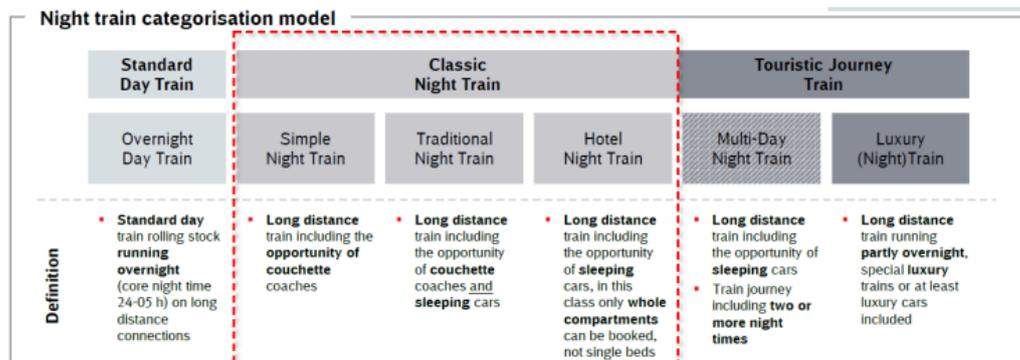


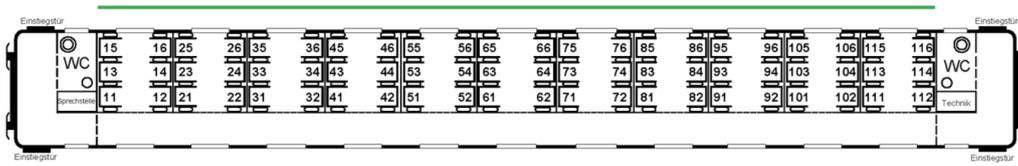
Figura 1.1: Differenti categorie di treni notturni (DB International & UIC - International Union of Railways, 2013).

Per definizione, i treni notturni operano all'interno di una fascia oraria compresa tra le 22:00 e le 08:00, partendo dunque dalla stazione di origine nelle ore serali e arrivando alla stazione di destinazione la mattina successiva. L'orario specifico di partenza e arrivo varierà in base al percorso, alle fermate programmate e all'operatore del treno, fermo restando che, generalmente, tali viaggi hanno una durata media compresa tra le dieci e le dodici ore.

Per quanto concerne, invece, le classi di sedute, ciò che distingue i servizi notturni dai più frequenti e, tendenzialmente, rapidi collegamenti giornalieri è la differente esperienza di viaggio. Tipicamente, a bordo di un treno notturno si trovano tre livelli di sistemazione, distribuiti in un numero variabile di carrozze.

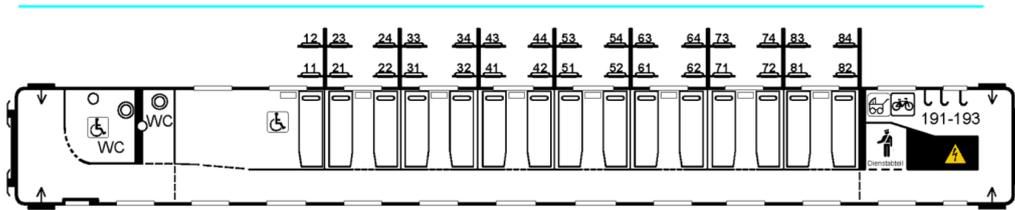
- **SEDILI RECLINABILI:** l'opzione più economica per i viaggiatori, ma anche la meno confortevole. Una carrozza dotata di soli sedili è in grado di trasportare anche 60-70 passeggeri e, a seconda del layout interno della stessa, può presentare scompartimenti da sei sedili ognuno oppure una configurazione aperta in cui tipicamente troviamo due file di sedili disposti in coppie e separate da un corridoio centrale (Figura 1.2a);
- **CUCLETTE:** opzione ideale per chi cerca un buon compromesso tra comfort e costi, in particolare per famiglie. Ogni cuccetta può ospitare quattro o sei persone, garantendo dunque una maggior privacy. Le lenzuola sono fornite a bordo mentre i servizi igienici sono condivisi alle estremità di ogni carrozza (Figura 1.2b);
- **SCOMPARTIMENTI LETTO:** rappresenta il livello di sistemazione più elevato in termini di comfort (e di prezzo). Tipicamente è dotato di due o quattro letti, più confortevoli rispetto a quelli delle classiche cuccette, e di un bagno privato con lavandino e doccia (Figura 1.2c).

**61 81 21-90 xxx**  
**73 81 21-91 100**



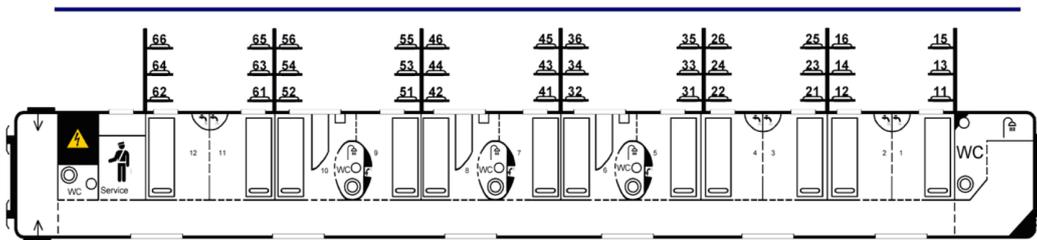
(a) Carrozza tipo Bmz con sedute reclinabili

**73 81 59-91 3xx**



(b) Carrozza cuccette tipo Bbcmvz

**61 80 72-90 0xx**



(c) Carrozza letti tipo WLABmz

Figura 1.2: Opzioni di sistemazione disponibili a bordo di un treno notturno Nightjet di ÖBB (Fonte: [www.vagonweb.cz](http://www.vagonweb.cz)).

A titolo di esempio, di seguito verranno presentate le principali specifiche tecniche relative a delle carrozze letto tipo WLAB30 solitamente impiegate per servizi passeggeri notturni (Tabella 1.1).

	<b>Cuccetta (4 pers.)</b>	<b>Vettura letto (2-3 pers.)</b>
<b>Massa</b>	52.500 kg	48.500 kg
<b>Lunghezza fuori respingenti</b>	26,4 m	24,05 m
<b>Distanza tra i perni dei carrelli</b>	19 m	16,5 m
<b>Posti letto</b>	42	30
<b>Velocità max</b>	160 km/h	160 km/h
<b>Compatibilità</b>	RIC	RIC
<b>Alim. elettrica</b>	CA 1000 V 16 2/3 Hz CA 1500 V 50 Hz CC 1500 V CC 3000 V 800 A	CA 1000 V 16 2/3 Hz CA 1500 V 50 Hz CC 1500 V CC 3000 V 800 A

Tabella 1.1: Caratteristiche tecniche di una tipica vettura letto impiegata per servizi passeggeri notturni.



(a)

(b)

Figura 1.3: Carrozza in composizione a treno notturno internazionale in sosta alla stazione di Verona Porta Nuova, esterni ed interni (Ing. Iacopo Di Battista, Grandi Treni Espressi S.p.A.).

Alcuni treni notturni presentano anche carrozze ristorante o bar, offrendo dunque la possibilità di usufruire di bevande e pasti. Tipicamente, però, essi vengono serviti al posto in quanto è assente una carrozza ristorante, la quale non sarebbe economicamente sostenibile per viaggi della durata di una sola notte. Con riferimento ai servizi e ai relativi prezzi tipicamente offerti a bordo di un servizio ferroviario passeggeri notturno, viene fornita una sintetica panoramica in Tabella 1.2.

Servizi/Sistemazione	Sedile	Cuccetta	Scompartimento letto
Capacità compartimento:	6 posti	4/6 letti	2/3 letti
Privacy compartimento:	No	Si	Si
Servizi igienici:	Condivisi	Condivisi	Privati (con doccia)
Servizio ristoro:	No	Colazione inclusa	Colazione inclusa

Tabella 1.2: Servizi comunemente offerti a bordo di un treno notturno.

La carenza di materiale rotabile dedicato, aspetto di cui si parlerà più nel dettaglio in 7.2.1, ha spinto alcune imprese ferroviarie ad investire in nuove vetture al fine di garantire uno standard di viaggio in linea con le attuali richieste dei viaggiatori.

Un esempio è offerto in Austria, in cui, a partire dal 2023, l'impresa nazionale *Österreichische Bundesbahnen (ÖBB)* porterà la sua flotta di convogli notturni ad un notevole salto di qualità in termini di comfort degli interni. Grazie ad un profondo ammodernamento delle proprie carrozze, verranno infatti implementati notevoli miglioramenti rispetto al passato, con particolare riguardo alle famiglie (Figura 1.4). Una delle principali caratteristiche di queste nuove carrozze è la presenza di mini-scompartimenti, del tutto analoghi alle sistemazioni offerte negli alberghi capsulari di ispirazione giapponese, particolarmente apprezzati da coloro che viaggiano da soli e che sono meno propensi alla condivisione di spazi con altri passeggeri (Figura 1.4).

Lo stesso sta facendo la compagnia nazionale finlandese *VR*, la quale ha intenzione di mettere in servizio entro il 2025 nuove carrozze letto prodotte da *Škoda Transtech*. Questo consentirebbe di aumentare in futuro il numero di servizi o percorsi dei treni notturni e di sostituire le vecchie carrozze attualmente in circolazione (Figure 1.5a, 1.5b).

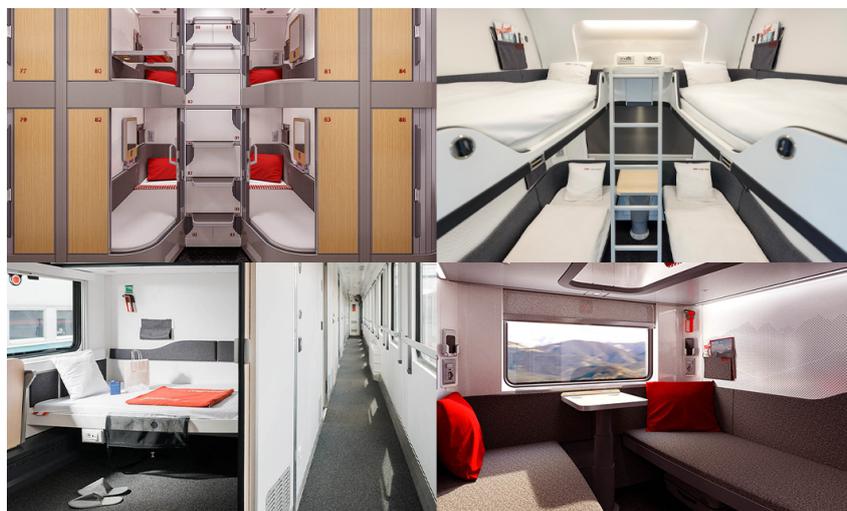


Figura 1.4: Interni delle nuove carrozze Nighjet ÖBB (2022).



(a)



(b)

Figura 1.5: Interni delle nuove carrozze della compagnia VR (Fonte: *ferrovie.it*)

## 1.2 Il servizio "veicoli al seguito"

Partendo da quanto espresso nel precedente paragrafo, ci si sposta sull'aspetto più innovativo del lavoro, ovvero il trasporto *veicoli al seguito* (Figura 1.6).

Si tratta di un servizio aggiuntivo offerto su determinati treni a lunga percorrenza, tipicamente notturni, grazie al quale i passeggeri possono viaggiare trasportando autoveicoli e motocicli con sé, caricandoli su appositi carri ed evitando al contempo ogni altro disagio legato al viaggio. In tal modo i passeggeri possono impiegare il tempo per riposarsi, lavorare o per altre attività, senza alcun limite per quanto riguarda i bagagli da trasportare e con la possibilità di raggiungere la mattina seguente la propria destinazione tramite il proprio mezzo dopo essere arrivati in stazione.

I veicoli stradali ammessi al trasporto ferroviario al seguito del viaggiatore sono (Figure 1.7a e 1.7b):

- autoveicoli, con o senza rimorchio, con 9 posti a sedere al massimo;
- motocicli, motoscooter, motocarrozze - con o senza rimorchio;
- trikes, quads.



Figura 1.6: Servizio "auto al seguito" espletato in Austria



(a)

(b)

Figura 1.7: Servizio *autozug* proveniente dalla Germania con differenti veicoli stradali caricati presso la stazione di Verona Porta Nuova (Ing. Iacopo Di Battista, Grandi Treni Espressi S.p.A).

Altri vantaggi di questo tipo di servizio sono:

- riduzione del numero di veicoli in circolazione sulle principali arterie stradali, con indubbi benefici in termini di emissioni inquinanti;
- conseguente diminuzione del numero di incidenti stradali e dei costi sociali;
- riduzione dell'usura dei veicoli privati su lunghi viaggi;
- ottimizzazione dei tempi di viaggio nel corso della notte e risparmio sui costi di pernottamento.

Il carico dei veicoli avviene in apposite stazioni ferroviarie dotate di terminali dedicati. Le operazioni di movimentazione dei veicoli per il carico avvengono 1-2 ore prima della partenza del treno.

Oltre ai treni a lunga percorrenza, un altro esempio di trasporto di veicoli e passeggeri su ferrovia è quello offerto dai treni navetta, impiegati per il superamento di ostacoli naturali. Essi operano ad esempio lungo l’Eurotunnel, tra Francia e Regno Unito, e attraverso le Alpi svizzere, si vedano a tal proposito le Figure 1.8a e 1.8b). Questi servizi, però, presentano una diversa finalità e dunque in questo lavoro non verranno trattati.



(a) Eurotunnel Shuttle tra Calais e Folkestone. (b) Treno navetta operato dalle Ferrovie Federali Svizzere presso la stazione di Iselle.

Figura 1.8: Esempi di treno navetta per auto.

## 1.3 Infrastruttura

In merito alla fattibilità tecnica del servizio, ho deciso di dedicare un paragrafo alle infrastrutture ferroviarie necessarie per garantire la corretta operatività di un servizio ferroviario con veicoli al seguito. Di questo aspetto si tratterà in 6.3 in merito al caso studio trattato e in 7.1 rispetto alla valutazione dei costi di realizzazione che il gestore dell’infrastruttura dovrà considerare.

Quando si parla di impianti per il carico e lo scarico di veicoli per carri ferroviari si possono individuare due categorie:

- i terminali *passengeri* per il trasporto veicoli al seguito;
- i terminali *merci* per il trasporto di veicoli nuovi di fabbrica.

In entrambi i casi si parla di strutture dotate di rampe fisse o mobili in corrispondenza di binari tronchi dedicati ad accogliere i treni. Ciò che li distingue sono la collocazione e le dimensioni dell’infrastruttura, oltre al tipo di carri ferroviari impiegati. Com’è facile dedurre, le infrastrutture di nostro interesse sono solo ed esclusivamente le prime.

### 1.3.1 Stazioni

Gli impianti passeggeri dedicati al carico/scarico dei veicoli privati sono situati generalmente in un’area adiacente la stazione, non lontano dalle zone destinate al movimento dei passeggeri.

Le dimensioni dell'infrastruttura variano a seconda del tipo di struttura, in generale però si considerino necessari:

- lunghi binari di sosta per l'accoglienza dei carri;
- rampe di carico/scarico fisse o mobili;
- un piazzale per la sosta ordinata dei veicoli.

Tipicamente, questi impianti vengono costruiti in corrispondenza di stazioni secondarie, in aree in cui l'impatto dell'infrastruttura è minore e i collegamenti con le principali arterie stradali sono agevoli. Alcuni terminal hanno dimensioni davvero considerevoli, con numerose rampe di carico, sale d'attesa e strutture dedicate. Ne sono un esempio il nuovo terminal della stazione centrale di Vienna (in tedesco, Wien Hauptbahnhof Autoreisezug) o quello presso la stazione di Pasila ad Helsinki (in finlandese, Pasila Autojuna-asema), entrambi inaugurati tra il 2012 e il 2015.

In Italia, invece, i principali terminal sono stati smantellati. Le uniche stazioni a garantire, periodicamente, questo servizio sono quelle di Verona e Livorno mentre, fino ad alcuni anni fa, erano attivi anche i terminal di Bolzano, Trieste ed Alessandria, capolinea di numerosi collegamenti col Nord Europa. Si noti la totale assenza di terminal attivi nel meridione, fattore che rappresenta una condizione fondamentale da considerare alla base del presente lavoro. Sebbene, infatti, questo tipo di servizio non possa essere programmato nel breve periodo, si può stimolare la riapertura degli ex terminal anche nel Sud Italia, a patto di dare prova della grande richiesta da parte dei viaggiatori.



Figura 1.9: Rampe mobili adatte al carico/scarico di carri bisarca ferroviari (Zordan Pietro e Figli S.r.l.).

Al fine di proporre una pratica ed originale soluzione volta a rimettere in attività in tempi rapidi le aree in passato destinate alle operazioni di salita e

discesa dei veicoli privati, si potrebbero considerare delle versatili rampe mobili per bisarche ferroviarie in sostituzione delle più complesse e costose rampe fisse (Figura 1.9).

A tal proposito, mi sono messo personalmente in contatto con la ditta Zordan Pietro e Figli S.r.l. al fine di individuare un prodotto valido per questo scopo. Le rampe in questione sono già comunemente utilizzate in ambito merci per il carico e scarico di nuovi veicoli; con le medesime modalità e in aree appositamente adibite, potrebbe risultare valida l'idea di adottare lo stesso sistema per il movimento dei veicoli dei viaggiatori, con indubbi risparmi in termini di tempo e costi.

Le rampe in questione presentano le seguenti caratteristiche:

- struttura interamente in acciaio al carbonio zincato a caldo;
- griglia antiscivolo;
- pompa idraulica manuale per il sollevamento della rampa;
- catene di ancoraggio e sollevatori telescopici;
- corrimano laterale basso o alto;
- vasta gamma di portate: 8 - 10 - 13 - 15 - 20 - 25 - 30 ton.

## 1.4 Carri ferroviari

Come già visto nel Paragrafo 1.2, il trasporto di veicoli stradali sui treni ha una rilevante importanza nel trasporto merci, mentre nell'ambito passeggeri la sua presenza è molto più limitata.

Il trasporto avviene utilizzando carri diversi a seconda del tipo di servizio da realizzare:

- Le automobili e i motocicli vengono tendenzialmente caricate su carri bisarca;
- I mezzi di dimensioni maggiori, si pensi ai veicoli commerciali, a quelli militari e ai camion, vengono invece caricati su carri pianale ordinari, con pianale ultrabasso per facilitare le operazioni di carico e scarico, oppure su carri speciali (CargoBeamer, Modalohr);
- In casi speciali (treni navetta), si impiegano dei carri semi chiusi con protezioni laterali del veicolo.

Di seguito verrà fatta un breve resoconto dei carri storicamente impiegati per il servizio veicoli al seguito, presentando anche ciò che oggi il mercato è in grado di offrire.

### 1.4.1 Carri Hbccqs, Lekqs e Sekqs

I primi convogli ferroviari con servizio veicoli al seguito erano caratterizzati da carri coperti con porte di testa e pareti imbottite atti, al trasporto di veicoli oltre che di mobilia, attrezzi teatrali ecc. La marcatura identificativa era *Hbccqs*.



Figura 1.10: Carri tipo Hbccqs impiegato da Optima Express sulla tratta Villach - Edirne.

La sigla indica:

- H = Carri coperti di tipo speciale;
- b = lunghezza piano di carico tra 12 e 14 m (per carri a due assi);
- cc = con porte di testa ed atto al trasporto di auto;
- q = condotta di riscaldamento che accetta tutte le tensioni ammesse;
- s = ammesso a circolare al regime s (100 km/h).

Attualmente, l'impresa tedesca Optima Express adotta carri simili per i propri servizi *autozug*. La composizione è caratterizzata da carri coperti bi-piano, con i quali non solo è possibile garantire elevata capacità di carico ma anche maggiore protezione dei mezzi lungo il viaggio (Figura 1.10).

Fecero seguito i primi carri aperti a due piani appositamente progettati per il trasporto di autoveicoli: i carri *Lekqs* (Figura 1.11), cui seguirono sul finire degli anni '60 i carri *Sekqs* a ponti superiori mobili (Figura 1.12), realizzati appositamente per il servizio auto a seguito e con una velocità massima di 140 km/h, nettamente superiore a quella ammessa per il trasporto merci.

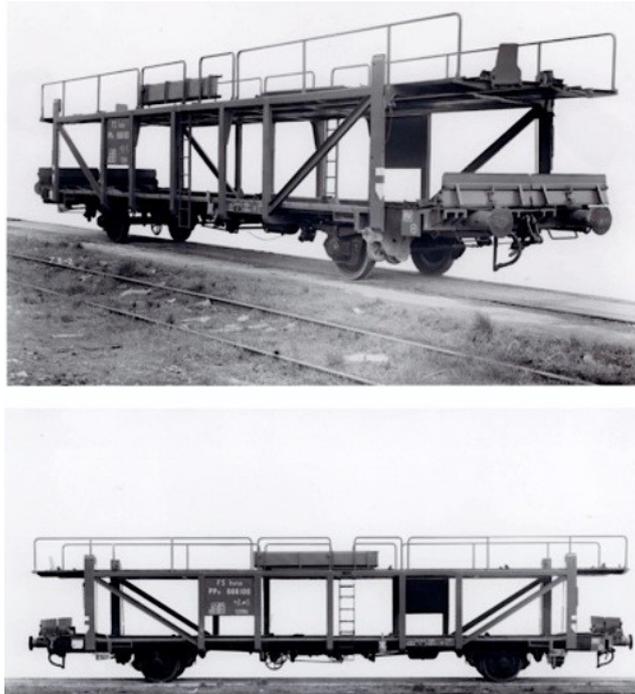


Figura 1.11: Carro Lekqs (da FS, I Nostri Carri per le Vostre Merci, ed. 1972)

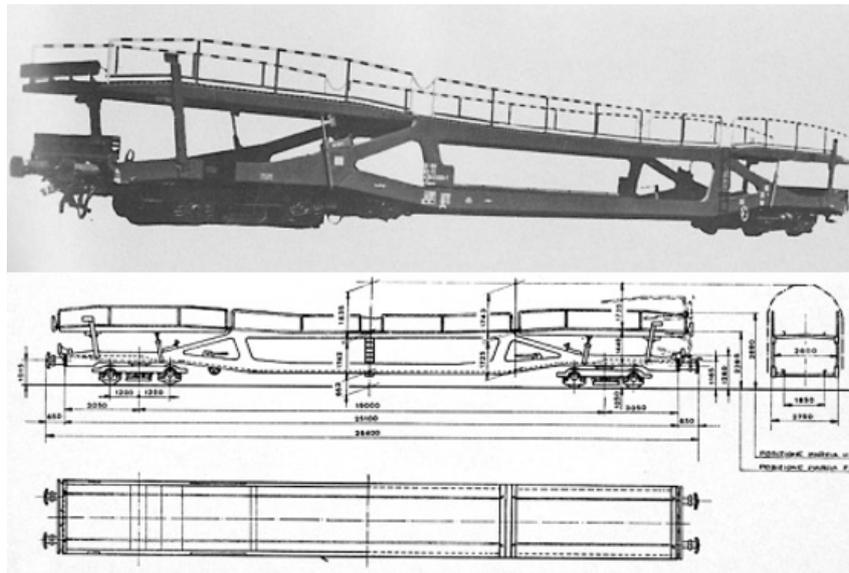


Figura 1.12: Carro Sekqs (da FS, I Nostri Carri per le Vostre Merci, ed. 1972)

#### 1.4.2 Carri DDm, MDDIm e Hccmqqr

Intorno alla metà degli anni '70, entrarono in circolazione i carri *DDm*, che tutt'oggi rappresentano i più comuni carri impiegati in Europa per i servizi veicoli al seguito. Essi differivano dai precedenti *Sekqs* per la soppressione dei ponti mobili: nelle stazioni ove avveniva il carico e scarico di vetture furono installate apposite rampe di accesso fisse. La principale ed importante diffe-

renza tra le due generazioni di carri fu l'uso di nuovi carrelli, i quali permisero l'aumento della velocità massima consentita portandola a 160 km/h.



Figura 1.13: Carro DDm per trasporto auto (Firenze Campo di Marte 30 giugno 2004 - Foto Ernesto Imperato)

Si forniscono di seguito le principali specifiche tecniche:

<b>Tipo di carro</b>	DDm 915
<b>Massa</b>	26.000 kg
<b>Lunghezza fuori respingenti</b>	26,4 m
<b>Distanza tra i perni dei carrelli</b>	19 m
<b>Carico max</b>	15 t
<b>Velocità max</b>	160 km/h
<b>Compatibilità</b>	RIC

Tabella 1.3: Caratteristiche tecniche dei carri DDm.

Ricercando fra i principali produttori europei, ho individuato altri carri adatti allo scopo in esame come quelli prodotti dall'azienda rumena *Astra Vagoane Calatori* e dalla croata *TŽV Gredelj ltd.*, in entrambi i casi si parla di carri comunemente indicati con il codice *MDDm*. Tali carri, realizzati appositamente per il trasporto di auto al seguito di convogli passeggeri, possono raggiungere una velocità massima di 160 km/h e sono conformi ai regolamenti UIC applicabili a tali categorie di carri.



Figura 1.14: Carro tipo MDDlm (*TŽV Gredeľj ltd.*).

Presentano la particolarità di essere non solo bipiano, garantendo quindi la stessa capacità di carico dei più comuni DDm, ma sono anche chiusi lateralmente e superiormente così da garantire una maggior sicurezza di trasporto dei mezzi stradali. Adottare una tale soluzione potrebbe essere particolarmente interessante al fine di soddisfare le esigenze di trasporto di auto su lunghe distanze in modo efficiente e sicuro.

Attualmente, un altro esempio molto interessante di carro adibito al trasporto di veicoli è quello sviluppato da *Škoda Transtech* e destinato alla flotta della finlandese VR, la quale punta molto su questo segmento di trasporto per collegare il Nord e il Sud del Paese (Figura 1.15). La sigla di tali unità è *Hccmqqr*.

Questi carri a doppio pianale presentano la particolarità di essere chiusi, a differenza di tutti quelli precedentemente menzionati, in modo tale da poter controllare la temperatura all'interno e al contempo proteggere i veicoli da polvere, neve, danni e furti. Oltre a ciò, essi sono dotati di illuminazione, ventilazione e prese elettriche.

Si riportano in Tabella 1.4 le principali caratteristiche di questo tipo di carri:

Sigla	Hccmqqr
Capacità	2x6 veicoli
Lunghezza max veicolo	505 cm
Lunghezza tot carro	31.6 m
Altezza di carico max - pianale inf.	184 cm
Altezza di carico max - pianale sup.	204 cm
Massa carro a vuoto	44 t
Velocità max	160 km/h
Prese elettriche	2.5 kW/veicolo

Tabella 1.4: Dati tecnici relativi al carro ferroviario sviluppato da Škoda Trans-tech.

Grazie alle dimensioni di questi carri, è possibile caricare facilmente SUV, fuoristrada, van e rimorchi leggeri, i quali vengono fatti salire e scendere da apposite aperture presenti alle estremità del carro. Proprio a causa delle loro misure, però, questi carri non possono essere impiegati sulla rete italiana.

Vi sono due fondamentali vincoli da considerare:

- Scartamento: in Italia, come in gran parte della rete europea, si adotta lo scartamento standard da 1435 mm. In Finlandia, invece, è presente uno scartamento maggiore, pari a 1524 mm.
- Sagoma limite (gabarit): in ambito UIC (Union internationale des chemins de fer) sono state definite delle sagome standard in funzione dell'altezza totale dal piano del ferro e della larghezza dall'asse centrale del binario. La sagoma limite imposta sulla rete finlandese, però è di gran lunga maggiore rispetto a quella adottata in Italia. Ciò consente di mettere in circolazione vetture di dimensioni superiori, a danno però dell'interoperabilità tra Paesi, la quale, in tal caso, è comunque vincolata da quanto detto nel primo punto.



Figura 1.15: Carro prodotto da Škoda Transtech destinato alle ferrovie nazionali finlandesi (VR) per il trasporto auto al seguito (Fonte: skodatranstech.info).



Figura 1.16: Treno intercity operato dalla compagnia nazionale finlandese (VR). Si notino le differenze di dimensioni tra le carrozze *double deck* e il resto del convoglio (Fonte: happyrail.com).

## 1.5 Istruzioni per il movimento dei mezzi stradali

Le operazioni di carico/scarico dei veicoli al seguito rappresentano una delle fasi più delicate legate a questo tipo di servizio. Fondamentale, infatti, diventa la gestione del tempo per poter avere un treno pronto entro l'orario di partenza prefissato, evitando così disagi ai passeggeri. Per poter, dunque, analizzare più nel dettaglio tali processi, farò riferimento alla documentazione resa disponibile dall'azienda Grandi Treni Espressi S.p.A in merito alle disposizioni per l'esecuzione di tali operazioni.

Tipicamente, tali manovre vengono eseguite da una ditta esterna incaricata dal titolare del servizio, rappresentato in sito dal Formatore Del Treno-Verificatore (PDT-V), il quale ha il compito di assistere alle operazioni ed intervenire in caso di non conformità. Come si può osservare in Figura 1.17, i due pianali fissi del carro sono in grado di ospitare al massimo dieci veicoli e ognuno di essi presenta una portata di 7,5 t (15 t a carro).

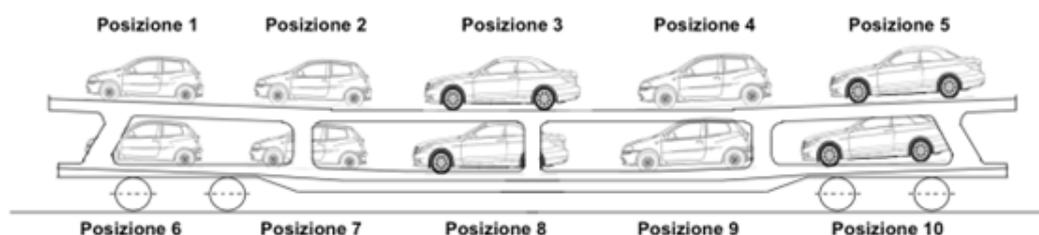


Figura 1.17: Carro tipo DDm

Nel caso delle automobili, bisogna considerare rigidi limiti di dimensioni per quanto riguarda le larghezze e le altezze, limiti che poi possono variare da Paese a Paese. I veicoli che possono essere trasportati devono rispettare le seguenti misure:

- altezza massima di 158 cm (le altezze massime ammesse dal carico sul pianale superiore secondo FS sono riportate nell'Appendice A);
- larghezza non superiore ai 200 cm.

I veicoli devono, naturalmente, essere omologati e in efficiente stato d'uso. Non sono ammessi al trasporto rimorchi senza autoveicoli e veicoli sui carrelli di traino. Dal punto di vista dei viaggiatori, risulta molto comodo che i bagagli trasportati possano essere lasciati all'interno dei veicoli senza particolari limiti di carico. Non risulta essere un problema, sempre rimanendo entro le dimensioni ammesse, il trasporto di biciclette, di portapacchi/box rigidi, di piccole imbarcazioni e di attrezzatura sportiva ingombrante.

Le operazioni di movimentazione dei mezzi seguono precise indicazioni.

- Prima della partenza, i carri adibiti al carico dei veicoli vengono manovrati dagli appositi operatori verso i terminali di carico;
- Tramite l'utilizzo delle apposite rampe, i veicoli vengono caricati sui carri in base alla lista di carico a disposizione dei formatori del treno, all'interno della quale sono presenti le informazioni necessarie ai fini di una corretta e sicura preparazione dei carri. Le operazioni di manovra dei veicoli privati sono eseguite dal conducente stesso, il quale, sulla base delle indicazioni fornite, va a spostare il proprio veicolo per completare le operazioni di carico;
- Il bloccaggio dei veicoli avviene tipicamente con appositi blocchi ruota, con cinghie o con sacchetti di sabbia, i quali vengono correttamente posizionati e verificati dai formatori;
- Il carico deve essere svolto in maniera omogenea, partendo dalla parte anteriore, tenendo a mente che al momento dello scarico il primo veicolo si trovi in corrispondenza della rampa e i conducenti non siano costretti a compiere complesse manovre di discesa in retromarcia;
- Una volta completate le operazioni di carico, i carri vengono nuovamente manovrati verso il binario di partenza per essere agganciati al resto del convoglio. A seconda dei casi, essi verranno posti in coda al treno o subito dopo la locomotiva di testa. Di ciò si dovrà tener conto in fase di composizione anche per le successive fasi di scarico all'arrivo;
- A destinazione raggiunta, verranno compiute le operazioni inverse per consentire la discesa dei veicoli presso il terminale di arrivo.

Il processo di movimentazione dei veicoli privati presenta delle difficoltà logistiche non indifferenti, in quanto il carico deve avvenire tenendo conto di differenti vincoli.

I principali di questi sono:

- la massa dei veicoli caricati in relazione alla capacità di carico del carro;
- la varietà di dimensioni dei veicoli caricati (lunghezza, larghezza, altezza) in relazione a quelle del carro;
- la sicurezza delle operazioni di carico e scarico in relazione ad eventuali incidenti o sversamenti di carburante.

Tali inconvenienti dovrebbero essere limitati in quanto tutte le informazioni relative al veicolo vengono inserite in fase di prenotazione e quindi dovrebbero essere note con certezza, il rischio di colli di bottiglia in fase di carico dei mezzi non rimane, però, del tutto escluso.

In conclusione, la tipica percorrenza ferroviaria in esame può essere suddivisa in cinque fasi.

- **FASE DI PREPARAZIONE CARRI:** i carri bisarca destinati ad ospitare i veicoli privati vengono mandati verso l'asta di carico designata. Tali operazioni vengono eseguite da un'impresa di manovra alla quale si assegna l'operazione;
- **FASE DI CHECK IN:** l'impresa ferroviaria (o un'impresa terza incaricata) esegue le operazioni di check in dei passeggeri e assegna le postazioni dei veicoli stradali in base al peso e all'altezza degli stessi. Tramite apposite rampe, i viaggiatori posizionano i veicoli. Una volta completata questa fase, i carri vengono agganciati al resto delle vetture già posizionate presso il binario di partenza della stazione;
- **FASE DI SALITA PASSEGGERI:** una volta che il treno è in assetto di marcia, viene consentita la salita dei passeggeri. Dopo la partenza, il treno effettuerà un certo numero di fermate per consentire la salita dei viaggiatori. È preferibile evitare fermate in notturna per non disturbare i viaggiatori;
- **FASE DI VIAGGIO:** all'incirca da 00:00 in poi il treno corre indisturbato verso la destinazione, rallentando la sua corsa solo di prima mattina. Non è escluso però che nel corso della notte il treno effettui delle soste prolungate in determinate stazioni al fine di consentire incroci o precedenza con convogli merci;
- **FASE DI DISCESA PASSEGGERI:** avvicinandosi alla destinazione, il treno comincerà a fare un numero più elevato di fermate consentendo la discesa ai passeggeri che non raggiungono il capolinea. Analogamente alla fase 2, la discesa è interdetta per coloro che trasportano con sé il veicolo privato;

- FASE DI SCARICO VEICOLI: arrivati a destinazione, tutti i passeggeri vengono fatti scendere e i carri bisarca vengono mandati verso l'asta di scarico apposita per consentire la manovra dei mezzi. I responsabili dell'impresa ferroviaria coordineranno il ritiro dei veicoli stradali. I viaggiatori potranno poi continuare il loro viaggio liberamente.

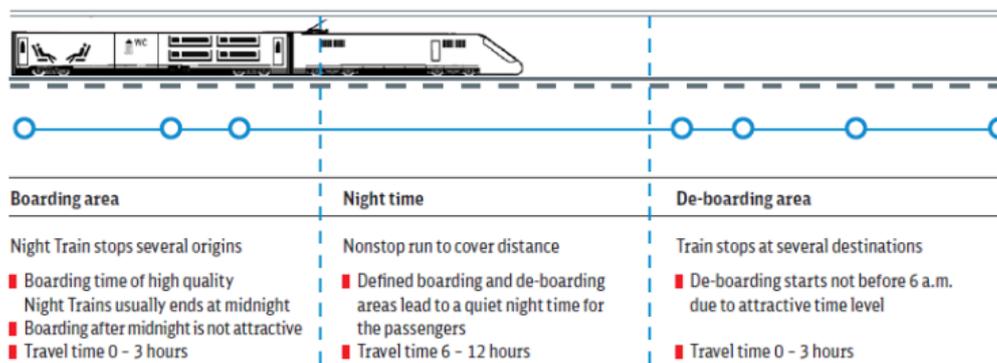


Figura 1.18: Differenti fasi di un viaggio tipo su treno notturno (DB International,& International Union of Railways (UIC), 2013) [41]

## 1.6 Riepilogo

Di seguito verrà fornito un sintetico riepilogo dei principali punti toccati in questo primo Capitolo di inquadramento del tema.

- Per le successive valutazioni si parlerà sempre di treni notturni convenzionali, circolanti tipicamente tra le 22:00 e le 08:00 e caratterizzati da tre livelli di servizio: sedute, cuccette e scompartimenti letto;
- Per espletare un servizio di trasporto veicoli occorre focalizzarsi su appositi carri ferroviari ed infrastrutture dedicate per il movimento dei mezzi. Ad oggi, entrambi questi aspetti rappresentano delle criticità non banali;
- Le procedure di carico e scarico devono sottostare a rigidi vincoli determinati dalle tempistiche a disposizione e dai limiti di carico dei carri. L'ottimizzazione di tali fasi è cruciale per ottenere un buon sistema di trasporto.

In conclusione, si veda la Figura 1.19, rappresentante un'analisi SWOT relativa a quanto in esame.

Come si può evincere, le potenzialità legate a questo servizio potrebbero essere molteplici, ma il disinteresse da parte delle imprese negli ultimi anni e le criticità da superare per un suo ripristino rendono la trattazione del problema particolarmente complessa.



Figura 1.19: Analisi SWOT incentrata sul servizio auto + treno. Elaborazione personale.



# Capitolo 2

## Stato dell'arte

Presa consapevolezza del tema in esame, è necessario costruire un punto di partenza sufficientemente solido per poter proseguire con lo studio.

Per prima cosa, è opportuno fornire una panoramica delle fonti di letteratura alle quali si è fatto riferimento nel corso dello studio

Successivamente, verrà fornita una visione d'insieme dello stato di fatto del settore a livello europeo e nazionale, così da avere una chiara idea del complesso contesto nel quale ci si va ad inserire.

Rimando, inoltre, all' Appendice B, in cui è presentata un' esaustiva panoramica del contesto normativo comunitario alla base del tema, focalizzandosi in particolar modo sul processo di liberalizzazione ferroviaria.

### 2.1 Revisione della letteratura

La ricerca proposta è stata condotta consultando diverse basi di dati tra cui Google Scholar, Scopus ed Elsevier, utilizzando parole chiave come "lunga percorrenza", "intercity" e "trasporto notturno". Ho individuato studi analoghi calati sul contesto italiano, tra cui le pubblicazioni del TRASPOL - Laboratorio di Politiche dei Trasporti del Politecnico di Milano ([15], [16], [17], [40]).

Molto preziosa è stata, inoltre, la consultazione della documentazione fornita dall'azienda Grandi Treni Espressi S.p.A., azienda presso cui ho anche avuto la possibilità di svolgere un tirocinio curricolare, la quale mi ha permesso di acquisire una conoscenza approfondita sul funzionamento di un'impresa ferroviaria.

Ulteriori elementi circa la metodologia di studio di un servizio a lunga percorrenza (come la scelta modale, l'influenza di elementi socio-demografici e l'individuazione degli attributi principali) sono stati rintracciati all'interno del lavoro di Romàn, Espino e Martín, i quali hanno valutato l'impatto del collegamento ferroviario Alta Velocità lungo la linea Madrid-Barcellona [54]. A questo, si aggiungono i lavori di Stoilova [60], Bieger et al. [19] e Legrain et al. [44].

Il tema dell'ottimizzazione del processo di carico e scarico dei veicoli stradali e della logistica inerente tali fasi del trasporto a seconda del tipo di carro, dei tipi di veicoli da considerare e del numero di posti a disposizione per lo

stazionamento del veicolo è stato approfondito tramite le letture di Lutter & Werners [47] e di Huang & Shuai [42].

La carenza di materiale per potersi documentare adeguatamente sullo stato dell'arte del settore ha richiesto un'analisi critica di tutta la documentazione raccolta sul tema, al fine di evitare l'utilizzo di informazioni errate o inappropriate. Pertanto, ho fatto affidamento anche a della letteratura "grigia", così da poter inquadrare in maniera più precisa le caratteristiche principali di quanto in esame.

Ho consultato, dunque, rapporti tecnici, relazioni di comitati ed associazioni, rapporti di ricerche di mercato e tesi di laurea. A tal proposito, cito in particolare i lavori svolti da Procopio [53] e Tumminello [62] per la valenza metodologica dei loro lavori. Restando invece più affini all'argomento trattato, ritengo opportuno evidenziare i lavori di tesi svolti da Perego [52], Drnec [27] e Heufke Kantelaar [41].

Non è stato possibile, infine, prescindere da fonti meno autorevoli come forum online, blog e simili, i quali, sebbene non verificati, hanno rappresentato dei validi aiuti per ampliare la conoscenza sul tema, soprattutto da un punto di vista storico-documentaristico. In particolare, faccio riferimento a quanto raccolto all'interno di siti quali *ferrovie.it*, *forumferrovie.info*, *trainsforeurope.eu* e *seat61.com*.

## 2.2 Il fenomeno in Europa

La nascita ed espansione in Europa dei servizi considerati risale a molti decenni fa. I viaggi notturni in treno erano già molto comuni in Europa ad inizio Novecento, mentre, dagli anni '30 in poi, comparve in Germania il primo servizio europeo con possibilità di carico dei veicoli privati, dando inizio ad un processo di estensione della rete che portò, negli anni '50, a raggiungere anche l'Italia con i primi servizi interessanti Roma e Milano.

Il picco di tali collegamenti fu raggiunto a cavallo fra gli anni '60 e '70 del secolo scorso, tuttavia, dopo la seconda guerra mondiale, gli sviluppi tecnologici favorirono lo sviluppo della mobilità privata e dell'aviazione commerciale, causando negli ultimi quarant'anni un progressivo declino del settore ferroviario notturno e, conseguentemente, dei collegamenti con veicoli accompagnati.

Ulteriori cause di questo calo dei servizi possono essere ricercate nei seguenti punti:

- l'esercizio dei treni notturni comporta maggiori costi per passeggero rispetto ai collegamenti diurni su medesime direttrici. A tali costi vanno sommati poi quelli relativi alla movimentazione dei veicoli privati e al relativo trasporto;
- il materiale rotabile notturno presenta delle specifiche peculiarità e trasporta meno passeggeri per vettura rispetto ai convogli diurni;

- l'aumento dei servizi diurni ad alta velocità ha portato ad una crescita notevole di domanda verso questo settore, determinando un calo dei flussi verso la restante parte dei servizi a lunga percorrenza;
- i viaggiatori moderni sono alla ricerca di standard di viaggio conformi alle norme comportamentali della società attuale. Ad esempio, essi sono alla ricerca di maggiore privacy e sono meno disposti a condividere spazi comuni durante il viaggio.

Tale tendenza non si è invertita nel corso del 21° secolo, arrivando a registrare la chiusura del 65% delle rotte notturne europee tra il 2001 e il 2019.

Per avere una panoramica completa dello stato di salute dell'offerta ferroviaria notturna europea, è possibile consultare il sito *night-trains.com*. Come si può osservare dalla Figura 2.1, numerosi sono i collegamenti internazionali che riguardano in particolare il centro Europa, con notevoli possibilità di espansione del numero di tratte possibili. La rete di treni notturni in Italia, invece è limitata quasi esclusivamente a collegamenti nazionali.

Un ruolo di prim'ordine è certamente ricoperto dall'austriaca *Österreichische Bundesbahnen (ÖBB)*, la quale, approfittando del vuoto nel mercato lasciato dalle altre imprese ferroviarie nazionali, prima tra tutte la *Deutsche Bahn*, che nel 2015 ha deciso di non voler più investire sui collegamenti notturni, è riuscita a controllare alcune delle principali rotte passeggeri del centro Europa grazie ai suoi collegamenti "*Nighjet*", arrivando a registrare 1,4 milioni di viaggiatori sui 34 milioni totali relativi ai collegamenti a lunga percorrenza nel 2017, arrivando a fatturare circa 100 milioni di Euro, pari al 17% del fatturato aziendale [29].

Concentrandosi più nello specifico sulle sole relazioni che garantiscono il trasporto auto al seguito, notiamo come l'interesse verso questo tipo di servizio all'estero sia ancora presente, in particolare in alcuni Paesi del Nord e dell'Est Europa.

In Tabella 2.1 vengono presentate le principali compagnie europee ad oggi interessate ad offrire tale servizio aggiuntivo:

Paesi	Compagnie
Germania	Optima Express Urlaubs Express
Austria	ÖBB Nightjet
Repubblica Ceca	ČD
Slovacchia	ŽSSK
Serbia	ZS
Russia	RZD
Finlandia	VR

Tabella 2.1: Principali compagnie europee che offrono collegamenti notturni con veicoli al seguito

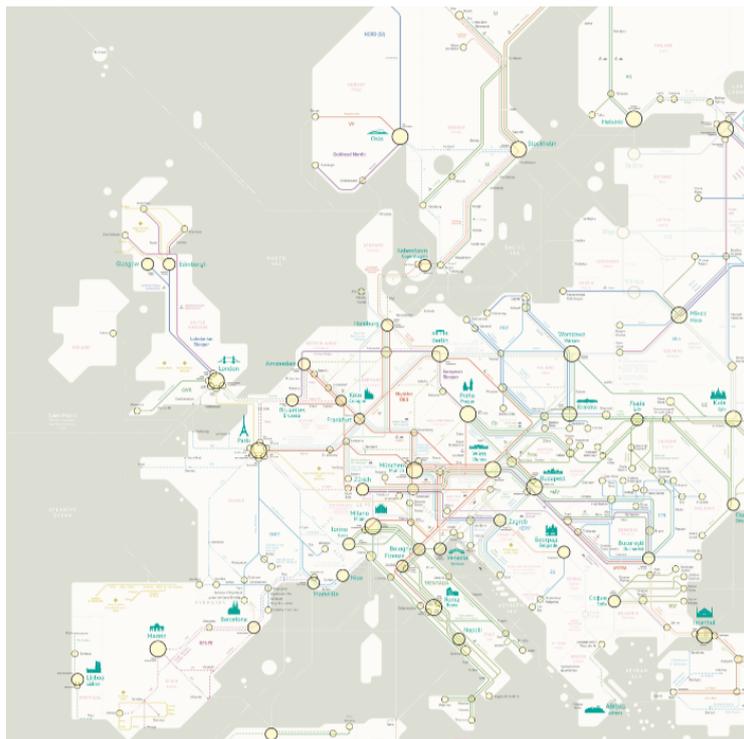


Figura 2.1: Rete europea di treni notturni (Fonte: night-trains.com; Autore: Jug Cerović; 2022).

Osservando il panorama dei principali operatori ferroviari europei, è da evidenziare, infine, il ruolo dei cosiddetti *open access operators*, ovvero imprese totalmente privatizzate e dunque a completo rischio commerciale. Il loro numero è in forte crescita e molte di esse hanno puntato su collegamenti notturni, con l'obiettivo di entrare concretamente nel mercato per ritagliarsi una propria fetta di mercato all'interno del panorama europeo.

Fra queste si citano, ad esempio, *European Sleeper*, compagnia ferroviaria belga-olandese, e *Flixtain*, filiale della più nota Flixbus. In Italia invece è presente la già citata *Grandi Treni Espressi (GTE)*.

Nonostante la fase di declino attraversata, il futuro dei servizi ferroviari notturni e veicoli al seguito potrebbe, dunque, non essere così negativo come sembra. La Commissione Europea ha infatti riconosciuto l'importanza del trasporto ferroviario per la riduzione dell'inquinamento atmosferico e la lotta al cambiamento climatico, e sta lavorando per promuovere l'uso dei treni notturni come una delle possibili soluzioni per un trasporto a lunga distanza in Europa maggiormente sostenibile.

La rinascita del settore è incoraggiata fortemente grazie ad agevolazioni volte a favorire le imprese ferroviarie per l'acquisto di nuovo materiale rotabile e a spingere verso l'interoperabilità tra differenti Paesi. In tal modo, si vogliono aiutare concretamente le aziende a creare nuovi collegamenti ferroviari - diurni e notturni - potenziando le reti transfrontaliere e rimuovendo gli ostacoli che ne bloccano lo sviluppo al fine di offrire un'alternativa sostenibile al trasporto aereo, riducendo il numero di velivoli in circolazione e contribuendo

a raggiungere gli obiettivi climatici dell'Unione Europea (Figura 2.2) [37].



Figura 2.2: Linee che si sono aggiudicate i finanziamenti europei per il potenziamento delle reti ferroviarie transfrontaliere (Fonte: Commissione Europea, 2023).

## 2.3 Il fenomeno in Italia

L'Italia potrebbe rappresentare il contesto ideale nel quale coltivare una fiorente offerta di collegamenti ferroviari passeggeri notturni.

Le motivazioni legate a questa affermazione sono molteplici e di vario aspetto:

- in quanto a lunga percorrenza, essa rappresenta il quarto mercato ferroviario per fatturato in Europa, con costi di infrastruttura notevolmente inferiori rispetto ai principali Paesi della Comunità Europea;
- la sua conformazione geografica lunga e relativamente stretta, con una costa adriatica a est e una costa tirrenica a ovest, comporta dei collegamenti tra il nord e il sud del Paese molto complessi. Tali difficoltà potrebbero essere ottimamente sfruttate attraverso i treni notturni;
- i servizi auto + treno potrebbero rappresentare una soluzione interessante per incentivare i collegamenti tra le diverse regioni del Paese e agevolare gli spostamenti verso territori poco connessi col resto della rete di trasporti principale.

Ciò, però, non si riflette nella realtà attuale del settore. L'Italia ha affrontato una situazione analoga a quella degli altri Paesi europei, di cui si è trattato nel paragrafo precedente (2.2). Infatti, negli ultimi vent'anni, Trenitalia ha progressivamente ridotto l'offerta di treni notturni (denominati *Intercity Notte*) a causa della forte concorrenza dei voli low-cost e dei collegamenti diurni AV, destinando così sempre meno risorse al settore.

Ciò ha avuto ricadute negative sulle possibilità di spostamento degli utenti, in quanto tali servizi svolgono, in sinergia con i più frequenti collegamenti diurni, un servizio fondamentale per muoversi lungo gli assi fondamentali del Paese, unendo centri abitati scarsamente connessi ai principali nodi della rete.

Secondo i dati pubblicati dalla Commissione Europea in merito al mercato ferroviario italiano, sui treni notturni nazionali nel 2014 sono stati registrati circa 2 milioni di viaggiatori e una media di 180 utenti per treno contro i 260 nel 2009 [40]. Nel corso degli ultimi anni questi dati possono essere mutati, ma aiutano a comprendere che il settore di mercato che si sta prendendo in esame interessa soltanto una nicchia molto contenuta di viaggiatori.

L'andamento dei volumi di traffico della media e lunga percorrenza è stato poi ulteriormente influenzato dall'emergenza COVID-19 esplosa nel corso del 2020, il cui impatto si è infatti protratto anche nei successivi anni [9].

		2001	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020
Viaggiatori-km	Mln	46.752	46.527	43.349	39.290	39.010	39.450	39.308	14.731
- di cui <i>ML</i> percorrenza	Mln	27.280	25.485	20.637	20.388	20.306	20.596	20.118	7.023
- di cui Regionale	Mln	19.472	21.042	22.712	18.902	18.704	18.854	19.190	7.708
Tonnellate-km	Mln	24.352	22.199	13.405	11.957	11.597	11.020	10.671	9.710
Ricavi traffico viaggiatori	Mln €	2.111	2.231	2.754	2.820	2.963	2.966	3.115	1.094
- di cui <i>ML</i> percorrenza	Mln €	1.494	1.510	1.912	1.990	2.022	1.987	2.080	729
- di cui Regionale	Mln €	617	721	842	830	941	979	1.035	365
Ricavi da CdS e da Stato	Mln €	1.214	1.258	1.947	1.892	2.009	2.040	2.037	1.921
Ricavi traffico merci	Mln €	731	724	498	477	463	445	444	391
Ricavo traffico medio a viagg-km	Cent/€	4,5	4,8	6,4	7,2	7,6	7,5	7,9	7,4
- di cui <i>ML</i> percorrenza	Cent/€	5,5	5,9	9,3	9,8	10,0	9,6	10,3	10,4
- di cui Regionale	Cent/€	3,2	3,4	3,7	4,4	5,0	5,2	5,4	4,7
Ricavo medio da CdS Regionale a viagg-km	Cent/€	6,2	6	8,6	10,0	10,7	10,8	10,6	24,9
Ricavo medio a tonn-km*	Cent/€	3,0	3,3	3,7	4,0	4,0	4,0	4,2	4,0

Figura 2.3: Traffico ferroviario viaggiatori e merci sul territorio nazionale - Anni 2001, 2005, 2010, 2015, 2017-2020 (*Conto Nazionale delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili - Anni 2020-2021*).

		2001	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020
Viaggiatori-km	milioni	27.279	25.485	20.637	20.387	20.306	20.596	20.118	7.023
- di cui servizio a mercato	"				15.869	16.303	16.828	16.313	5.240
- di cui servizio universale contribuito	"				4.518	4.003	3.768	3.805	1.783
Treni-km	migliaia	82.473	83.975	78.097	79.260	87.506	90.303	91.784	58.355
- di cui servizio a mercato	"				53.428	62.034	64.933	66.445	39.059
- di cui servizio universale contribuito	"				25.832	25.472	25.370	25.339	19.296
% treni arrivati fra 0 e 15' di ritardo	%	87	85	91,4	93,0	94,6	95,7	96,1	96,7

Figura 2.4: Traffico ferroviario viaggiatori di media e lunga percorrenza - Anni 2001, 2005, 2010, 2015, 2017-2020 (*Conto Nazionale delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili - Anni 2020-2021*).

Nonostante ciò, i servizi non remunerativi (*servizio universale*), ovvero quelli legati alla richiesta della committenza pubblica, hanno mostrato una lieve ma costante crescita, sebbene il traffico risulti comunque inferiore rispetto ai livelli pre-pandemici [11].

L'attuale rete di collegamenti notturni effettuati da Trenitalia può essere osservata in Figura 2.5.

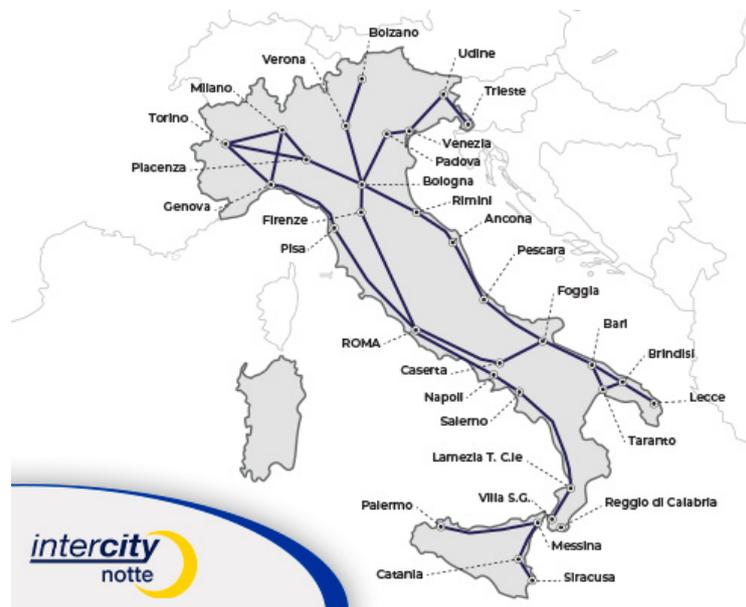


Figura 2.5: Attuale rete di collegamenti del servizio Intercity Notte (Trenitalia, 2023).

Non mancano, inoltre, coppie di treni notturni internazionali denominati *Euronight*, effettuati in collaborazione con le ferrovie austriache ÖBB, principalmente diretti verso Austria e Germania (Figura 2.6).



Figura 2.6: Attuale rete di collegamenti del servizio Euronight Trenitalia (Trenitalia, 2023).

La possibilità di caricare il proprio mezzo privato, servizio battezzato in Italia come “*auto al seguito*” è, invece, quasi del tutto scomparsa. Fatta eccezione per alcune imprese operanti treni internazionali come *Grandi Treni Espressi* e *ÖBB*, attualmente non esistono soluzioni che consentono il trasporto del proprio veicolo.

Trenitalia ha garantito tale programma fino al 2011 su numerose relazioni fra nord e sud Italia, per poi sospenderlo in virtù degli alti costi operativi ad esso legati e della forte stagionalità della domanda di trasporto.

In aggiunta, il servizio, per come era organizzato, presentava una serie di complicazioni che lo rendevano poco funzionale, come ad esempio:

- tempi di attesa per il carico e scarico veicoli particolarmente lunghi (nell'ordine delle 4 ore);
- complicazioni logistiche legate alla manovra dei carri bisarca e al movimento dei veicoli in partenza e arrivo;
- tariffe troppo alte in relazione alla qualità di viaggio offerta.

L'ultimo tentativo di reintroduzione di tale servizio risale al 2012 e fu pianificato da *Arenaways*. L'impresa impostò il programma "Trenhotel" con l'obiettivo di collegare il Nord e Sud Italia con due collegamenti (Figura 2.7):

- Torino Porta Nuova - Bari;
- Torino Porta Nuova - Reggio Calabria.



Figura 2.7: Collegamenti "Trenhotel" pianificati da Arenaways (*ferrovie.it*).

Il progetto, basato su un accordo con l'operatore ferroviario pubblico spagnolo RENFE, a causa della carenza di investitori destinati a credere nel progetto, non vide però mai veramente la luce, difatti esso fu soppresso prima di essere attivato.

A tutto ciò, si sommano ulteriori criticità:

- età del materiale rotabile impiegato attualmente dall'operatore nazionale, sebbene esso sia intervenuto con interventi di restyling e abbia annunciato nuovi investimenti sul settore grazie ai fondi del PNRR [3];
- carenza di carri adibiti al trasporto dei veicoli, i quali sono stati quasi del tutto demoliti nel corso degli anni;

Secondo le informazioni fornite da *ferrovie.info*, il parco mezzi di Trenitalia relativamente ai treni notturni è così composto:

- 188 Cuccette Comfort, 92 di esse da 160 km/h, le restanti da 200 km/h
- 71 vetture letto, ovvero 35 MU da 160 km/h, 26 MU da 200 km/h e 10 T3S;
- 88 vetture con posti a sedere, suddivise in 60 UIC-Z di seconda classe a scompartimenti e 28 a salone, prossime ad essere accantonate.

L'attuale stato dell'offerta nazionale di treni notturni, però, non allontana il bacino di potenziali viaggiatori disposti a considerare il treno notturno come una valida alternativa per i propri spostamenti a lunga percorrenza. Questo è quanto emerge da un'indagine firmata da Trainline e YouGov in merito alle abitudini dei viaggiatori italiani e al loro rapporto col trasporto ferroviario [26].

Dai risultati emerge una forte e consapevole considerazione del treno come possibile alternativa all'auto e all'aereo, principalmente per motivi ambientali e di ottimizzazione dei tempi:

- gli utenti vedono nel taglio dei costi di pernottamento e nel giungere al mattino a destinazione i principali vantaggi;
- nel corso del 2022 c'è stato un forte aumento di prenotazioni (+85% rispetto al 2021) per i treni circolanti nelle ore serali, valori che comunque risultano di gran lunga inferiori ai risultati raggiunti in altri Paesi europei come Francia e Spagna (rispettivamente +149% e +172% rispetto all'anno precedente);
- il 71% dei rispondenti sarebbe favorevole a un provvedimento che tagli alcuni collegamenti aerei interni sulle tratte brevi, a patto che i viaggiatori abbiano a disposizione un collegamento ferroviario valido e competitivo. Questo suggerisce che i treni notturni potrebbero essere una soluzione interessante per i viaggiatori, anche sulle tratte nazionali, in cui un collegamento ferroviario potrebbe essere altrettanto veloce e conveniente dell'aereo.

In definitiva, ciò dimostra la presenza di una domanda potenziale inespresa ed interessata a modi alternativi di viaggiare rivolta verso un settore che potrebbe avere sicuramente maggiore risonanza.

Ad ogni modo, però, se da un lato la compagnia di bandiera nazionale sta ottenendo risultati eccellenti per quanto riguarda i collegamenti diurni a lunga percorrenza, in particolar modo Alta Velocità, lo stesso non si può dire di quelli notturni. Il rischio concreto è quello di rimanere tagliati fuori da un settore che sta rivestendo un'importanza sempre maggiore a livello comunitario, come dimostrato dai concreti investimenti pianificati da altre compagnie estere.

## 2.4 Riepilogo

Al termine di questa completa panoramica sullo stato di salute del settore in Italia ed in Europa, reputo necessario riassumere sinteticamente quanto espresso per poter proseguire con le successive fasi del lavoro.

- A partire dagli anni '80, i treni notturni in Europa sono entrati in una fase di profondo declino.
- Lo stesso si può dire per il servizio auto al seguito, il quale è stato soppresso da Trenitalia nel 2011. Ad oggi, in Italia sono presenti solo alcuni servizi stagionali internazionali di questo tipo.
- Le principali cause legate alla soppressione di tali collegamenti sono da attribuire alla concorrenza di altre forme di trasporto e agli alti costi operativi, che hanno portato a scarsi investimenti sul settore. Non sono da escludere ragioni sociali legate al cambiamento delle preferenze di viaggio degli utenti nel corso del tempo.

- Il contesto italiano può perfettamente adattarsi allo sviluppo di collegamenti ferroviari notturni con possibilità di trasporto veicoli al seguito per far fronte alle numerose difficoltà legate ad uno spostamento lungo la direttrice nord-sud o verso le principali destinazioni d'oltralpe.
- Negli ultimi anni si sta assistendo ad una rinascita del settore in molti Paesi europei. La tendenza è appoggiata anche dai principali decisori politici nazionali e comunitari al fine di promuovere un modo di trasporto sostenibile.
- Nonostante l'arretratezza dell'offerta nazionale di treni notturni rispetto a quella di altri Paesi europei, è ad oggi presente un notevole bacino di potenziali viaggiatori disposti a considerare questa come una valida alternativa per i propri spostamenti a lunga percorrenza.

In conclusione, l'utilizzo dei treni notturni unito al servizio auto al seguito potrebbe rappresentare un'opportunità unica per promuovere un modo di trasporto competitivo e che risponderebbe alle esigenze dei viaggiatori moderni.



# Capitolo 3

## Analisi della domanda

La rete di interazioni tra bisogni dell'utenza, sistema delle attività socio-economiche e sistema della mobilità rappresenta sicuramente uno degli aspetti più affascinanti della pianificazione dei trasporti, determinando un campo di studio particolarmente stimolante nel quale convergono fattori umani e tecnici.

Approfondire tale aspetto può dunque portare all'ottenimento di informazioni in merito a quali sono i principali protagonisti che incidono sulla variazione dei flussi derivanti dagli interventi in esame e sulle potenziali modifiche al sistema delle attività.

Il processo di analisi della domanda verrà dunque analizzato in tutte le sue fasi nel seguente capitolo, partendo da una sintetica base teorica e proseguendo con tutti i passaggi che hanno portato alla realizzazione di un modello del quale si tratterà poi la calibrazione mediante l'impostazione di un'indagine SP.

### 3.1 A chi è rivolto il servizio?

Ai fini delle successive valutazioni in merito all'analisi della domanda, occorre inquadrare fin da subito il problema e capire in quali casi il treno notturno ed il trasporto al seguito del proprio veicolo possono risultare appetibili per l'utenza e come classificare di conseguenza quest'ultima.

La prima domanda alla quale si è cercato di dare risposta è stata capire a quale tipo di utenza rivolgersi.

Di base, è possibile individuare due categorie di viaggi:

- *di piacere/leisure*: interessati ad un viaggio per motivi di piacere personale o vacanza;
- *d'affari/business*: interessati a viaggi di carattere professionale.

Sulla base di quanto evidenziato in due studi rispettivamente affidati a *Squadrati*, società di ricerche e tendenze di mercato, e *Steer Davies Gleave*, col supporto del *TRASPOL - Politecnico di Milano*, è possibile concludere che il servizio in studio può essere appetibile per una vasta gamma di utenti, come ad esempio [10] [40]:

- turisti in vacanza, soprattutto famiglie e giovani, diretti verso luoghi di villeggiatura marittimi o montani;
- viaggiatori intenzionati a far visita a parenti o amici (turismo di ritorno);
- cicloviaggiatori e motociclisti;
- scolaresche (in particolar modo per quanto riguarda le sistemazioni in cuccetta);
- utenti con una seconda residenza, ad esempio studenti e lavoratori fuorisede;

Tale aspetto verrà analizzato nel dettaglio nel Paragrafo 4.3.4, in cui verrà condotto uno studio quantitativo di dettaglio, tramite strumenti statistici, con l'obiettivo di definire l'identikit dell'utente tipo interessato all'introduzione dell'opzione veicolo al seguito sui treni notturni nazionali.

Per raggiungere tale scopo, verranno considerate variabili socio-demografiche come l'età, il genere e il reddito, oltre a variabili quali abitudini di spostamento e sensibilità al tema della sostenibilità ambientale.

In conclusione, ciò può essere utile a comprendere meglio le esigenze degli utenti e i loro comportamenti, in modo da poter adattare strategie di marketing o politiche aziendali volte a soddisfare al meglio le loro esigenze.

## 3.2 Modello di scelta modale

A seconda dell'orizzonte temporale considerato per la pianificazione, si possono presentare due diverse esigenze nell'analisi della domanda:

- rappresentare la domanda attuale;
- prevedere la domanda futura.

Poiché il mio lavoro di tesi ci si concentra su un servizio attualmente non esistente, occorre necessariamente considerare la seconda casistica e adottare un approccio di tipo modellistico.

Quando ci si occupa della modellazione della domanda, l'obiettivo ultimo è quello di ottenere dei flussi di traffico che siano in grado di descrivere il comportamento potenziale degli utenti.

Tale risultato può essere ottenuto attraverso tre fasi:

1. SPECIFICAZIONE: formulazione del modello e delle sue variabili;
2. CALIBRAZIONE: quantificazione dei parametri caratterizzanti l'equazione del modello;
3. VALIDAZIONE: verifica dell'attendibilità dei risultati del modello.

Senza scendere troppo in dettagli teorici, si presenta sinteticamente lo studio della ripartizione modale all'interno di un contesto più ampio, ovvero quello della fattorializzazione del modello di domanda.

Questa sequenza di fasi, le quali non sono altro che sotto-modelli interconnessi l'uno con l'altro, prende il nome di sistema a quattro fasi (Figura 3.1) [24] [34] [28].

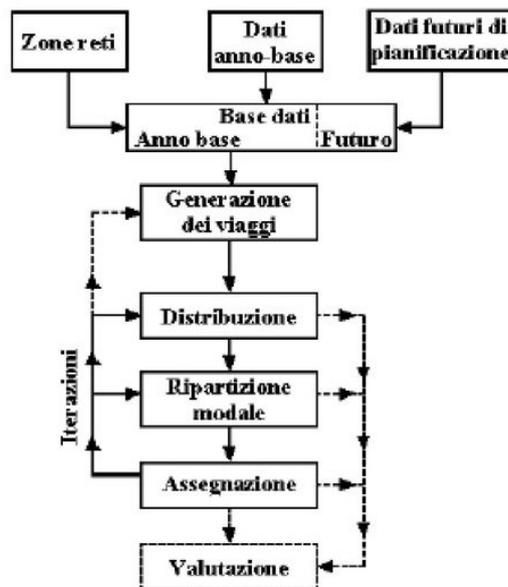


Figura 3.1: Modellizzazione a quattro fasi (Università di Cagliari, Pianificazione dei Trasporti - 2015)

L'analisi viene condotta attraverso i cosiddetti modelli di utilità probabilistica, con i quali il progettista è in grado di ricavare una potenziale probabilità valutando il comportamento di un decisore messo di fronte ad un numero finito di possibilità di spostamento. Per il caso in esame si tratta ovviamente di ricavare una probabilità di scelta modale sulla base di un certo numero di alternative di trasporto.

Questo processo deve reggere sull'ipotesi fondamentale che il decisore agisca sempre in modo *"razionale"*. Ciò vuol dire che, messo davanti a tutte le alternative a disposizione, esso sceglierà sempre quella che presenta un'utilità maggiore. Le operazioni da eseguire per impostare l'analisi devono essere svolte con la massima attenzione, in quanto le scelte di progettazione condizioneranno l'efficacia dei passaggi successivi e la veridicità dei risultati. Del resto, si parla comunque di modelli probabilistici i quali devono essere interpretati e utilizzati con la dovuta cautela.

Di seguito riporto sinteticamente i passi considerati per portare a termine quanto introdotto:

1. ho definito il modello di scelta probabilistica da utilizzare per la simulazione del comportamento dei decisori;

2. ho individuato le alternative di scelta e gli attributi delle utilità sistematiche con i rispettivi livelli di variazione;
3. ho costruito degli scenari alternativi verosimili da sottoporre ai decisori;
4. ho stabilito le modalità operative adottate per condurre un'indagine SP e il tipo di preferenza che il decisore deve dichiarare per esprimere il proprio giudizio (scelta, ordinamento, votazione).

Come si può osservare da Figura 3.2, dunque, il tutto nasce dalla consapevolezza di un bisogno che porta ad una scelta, in questo caso relativa al modo di trasporto, sulla base di un grado di utilità attribuito dall'utente alle singole alternative.

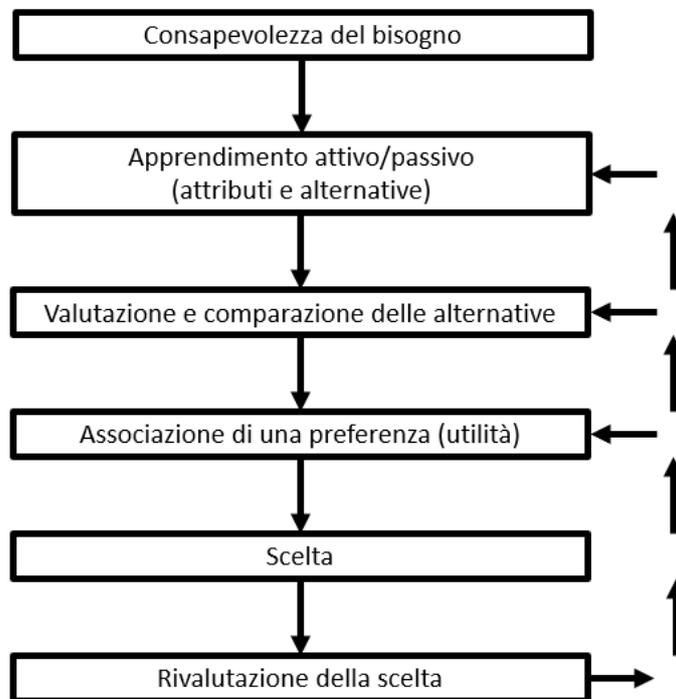


Figura 3.2: Sintesi del processo di scelta di un consumatore. [45].

### 3.2.1 Modello Logit multinomiale

Per evitare ampie ed eccessive digressioni teoriche sull'argomento, ci si limiterà a dire che le nozioni alla base della scelta del modello da adottare sono state estratte da alcuni dei numerosi testi trattanti l'argomento. In particolare, si citano [45], [24] e [49].

Come già anticipato, la rappresentazione della realtà deve essere ottenuta tramite impiego di un modello, con il quale andare a riprodurre le potenziali scelte compiute da un utente. Tale traguardo si raggiunge mediante un

processo di ottimizzazione volto alla massimizzazione di una funzione obiettivo che individua l'utilità percepita ( $U_j^q$ ) da parte dell'utente rispetto ad una determinata scelta.

Essendo del tutto soggettiva, essa verrà espressa come somma di un'utilità sistematica ( $V_j^q$ ), legata agli attributi propri dell'alternativa, e da un residuo aleatorio ( $\epsilon_j^q$ ).

$$U_j^q = V_j^q + \epsilon_j^q \quad (3.1)$$

La relazione tra utilità sistematica e attributi può essere espressa mediante qualsiasi forma funzionale, per semplicità verrà indicata con una legge lineare in cui i valori degli attributi sono moltiplicati per dei coefficienti numerici i quali verranno trattati nella successiva fase di calibrazione (Cap. 4):

$$V_j^q = \sum_k \beta_k X_{ki}^q \quad (3.2)$$

in cui:

- $\beta_k$  sono i coefficienti numerici da stimare con la successiva calibrazione;
- $X_{ki}^q$  è il valore del k-esimo attributo dell'alternativa i dato dall'utente q.

La letteratura a riguardo è molto vasta e propone un' ampia scelta di modelli da applicare per tale scopo, tuttavia, nel mio caso, ho scelto di avvalermi del modello più semplice dal punto di vista computazionale, ovvero il Logit multinomiale.

Tale modello si basa su un'ipotesi fondamentale, ovvero che i residui aleatori siano identicamente e indipendentemente distribuiti secondo la legge di Weibull-Gumbel. La relativa funzione distribuzione di probabilità viene dunque espressa come:

$$F_{\epsilon_i} = Pr(\epsilon_i \leq x) = e^{-e^{\frac{x}{\theta-\Phi}}} \quad (3.3)$$

in cui:

- $\theta$  è un parametro da ricavare mediante calibrazione;
- $\Phi$  è una costante.

In altre parole, tale ipotesi comporta la condizione di uguaglianza delle loro varianze e di annullamento delle loro covarianze. Inoltre, l'utilizzo di tale modello implica che le alternative di trasporto successivamente definite verranno disposte su un unico livello gerarchico.

Dopo aver verificato la correttezza dell'ipotesi enunciata, ho definito la probabilità di scelta di un'alternativa, intesa come percentuale di utenti  $q$  che userà la modalità  $j$ , può essere così espressa nella seguente forma:

$$p^q[j] = \frac{e^{\frac{\sum_k \beta_k X_{kj}}{\theta}}}{\sum_{i=1}^m e^{\frac{\sum_k \beta_k X_{ki}}{\theta}}} \quad (3.4)$$

in cui:

- $X_k$  sono gli attributi dell'alternativa di trasporto  $j$ ;
- $\beta_k$  e  $\theta$  sono i parametri da determinare nella successiva fase di calibrazione. .

### 3.3 Modellazione

Quanto introdotto nel paragrafo precedente permette di comprendere che la probabilità di scelta di un determinato sistema di trasporto è fortemente legato agli attributi delle alternative considerate all'interno del modello.

- Le *alternative di trasporto* rappresentano le opzioni di spostamento che vengono considerate ai fini della scelta modale, fra queste si include il sistema di trasporto analizzato;
- Gli *attributi* rappresentano le caratteristiche che contraddistinguono tali alternative e che possono far riferimento ad aspetti socio-economici e di trasporto. Sulla base di essi, ogni utente attribuisce una certa utilità.

La definizione di questi due aspetti rappresenta un punto cruciale per l'intero studio. La sua pianificazione, in questo caso, ha però presentato delle difficoltà non banali: definire infatti un modello capace di essere applicato con facilità rispetto ad un tipo di trasporto a lunga percorrenza è stata infatti una sfida notevole, viste le numerose variabili in gioco e l'impossibilità di poter gestire una grande mole di dati con gli strumenti in mio possesso.

Le complessità del caso risiedono, inoltre, nel fatto che il contesto in esame e il tipo di domanda alla quale ci si rivolge possono portare a risultati apparentemente errati a causa di un comportamento inaspettato del decisore da parte del progettista [38].

Ritengo, pertanto, opportuno specificare alcuni elementi propedeutici all'analisi:

- l'area di interesse è ampia, di conseguenza è necessario fare ragionamenti semplificati;
- poiché sto considerando spostamenti a lunga percorrenza, non entreranno in gioco le stesse logiche dei movimenti pendolari;
- andando oltre l'influenza dei tempi e dei costi di viaggio, occorre considerare ulteriori fattori difficilmente percepibili e quantificabili con un modello al fine di una maggiore fedeltà ai comportamenti reali dell'utenza;

Si supponga, ad esempio, che una persona debba scegliere il modo di trasporto per compiere un certo spostamento a lunga distanza e scelga quello che presenta il tempo di viaggio maggiore. Si potrebbe pensare inizialmente che

quella persona si comporti in modo illogico, cioè sia un "decisore non razionale". Tuttavia si può dimostrare che questa conclusione non è corretta in quanto possono emergere diverse variabili non facili da far emergere, ad esempio:

- il progettista non è consapevole che uno o più utenti prendono in considerazione una certa caratteristica, pertanto la trascura involontariamente;
- il progettista compie un'errata valutazione quantitativa di un attributo;
- il progettista non riesce ad esprimere in termini quantitativi una caratteristica particolarmente rilevante ai fini della scelta (ad esempio i bagagli trasportati dal passeggero o la piacevolezza del viaggio)

Occorre, dunque, adottare una metodologia differente, in cui i termini quantitativi e qualitativi assumono pari rilevanza all'interno dell'indagine, sebbene, per i secondi, sia più difficile adottare una rappresentazione efficace.

### 3.3.1 Definizione delle alternative di trasporto

In seguito alla definizione del tipo di modello da adottare, sono passato all'individuazione delle alternative di scelta.

Per quanto riguarda questa parte della pianificazione, è opportuno citare i lavori di Bertolin et al. [18] e Stoilova [60], i quali mi hanno permesso di avere una più chiara visione del caso in esame, e i report realizzati da ISTAT per quanto riguarda le principali soluzioni di spostamento relative ad un viaggio condotto all'interno dei territori nazionali.

Partendo proprio da quest'ultimo riferimento, osservando i risultati relativi all'anno 2019, ovvero all'ultima valutazione prima dello scoppio dell'emergenza pandemica, ho potuto constatare che la panoramica nazionale degli spostamenti rispecchia l'andamento europeo in termini di modo di trasporto (EUROSTAT):

- i viaggi compiuti per motivi di vacanza o svago rappresentano circa l'89% del totale;
- di questi, circa il 57% è stato realizzato utilizzando l'auto privata;
- l'aereo e il treno seguono a grande distanza (rispettivamente 21% e 10% circa), mentre il pullman è utilizzato soltanto nel 5,6% dei viaggi.

Le alternative fondamentali di trasporto considerate per questo lavoro sono tre:

- **Trasporto individuale;**
- **Treno notturno;**
- **Aereo.**

Faccio notare che ho deciso di non considerare tra le opzioni gli autobus a lunga percorrenza. Ho ritenuto ragionevole ciò per i seguenti motivi:

- tale alternativa rappresenta una quota molto minoritaria dei viaggi totali (si veda Figura 3.3a);
- l'autobus notturno risulta tecnicamente lento, con una velocità di crociera relativamente bassa in Italia limitata per legge ai 100 Km/h, ma che si riduce di fatto abbondantemente a causa delle necessarie soste in itinere e per la maggiore congestione della rete stradale rispetto a quella ferroviaria.
- rappresenta una scelta improbabile per gran parte dell'utenza *leisure* considerata, sebbene da un punto di vista dei costi sia altamente competitivo, soprattutto per un'utenza più giovane, e goda di una capillarità molto maggiore rispetto ad un treno [17];
- non viene considerata nemmeno da un'utenza tipo *business*, in quanto essa predilige, tendenzialmente, rapidi spostamenti ed elevato comfort a fronte di un prezzo più elevato.

Si noti, infine, che il fenomeno del car pooling non è stato menzionato in quanto esso viene considerato come potenziale opzione solo per spostamenti di media distanza [18].

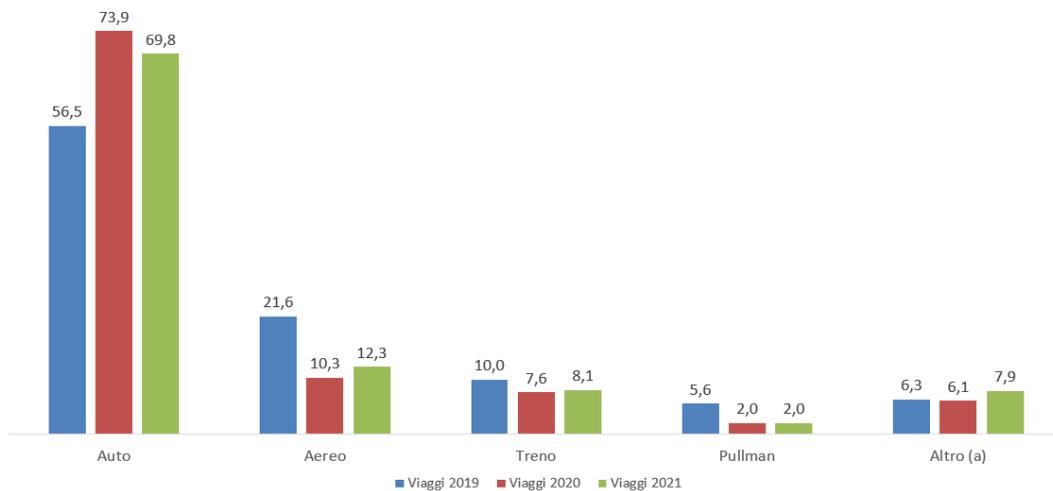


Figura 3.3: Viaggi per mezzo di trasporto, Italia - Anni 2019/2021 (ISTAT)

(a) Altro: altri mezzi di trasporto non altrove specificati inclusi nave, camper, autocaravan, moto, bicicletta, ecc.

### Trasporto individuale

L'automobile sicuramente resta il mezzo più usato anche nel caso di spostamenti a lunga percorrenza. Si fa presente che il servizio in studio è di interesse anche per i motociclisti ma a riguardo non verranno fatti ragionamenti più specifici.

- VANTAGGI: possibilità di effettuare spostamenti con la massima flessibilità in termini di orari e pause di viaggio, assenza di cambi in un tragitto door-to-door, libertà di carico dei bagagli, possibilità di modificare il proprio percorso in caso di congestioni della rete stradale.
- SVANTAGGI: costi di viaggio (i quali diventano però facilmente ammortizzabili all'aumentare del numero di viaggiatori in uno stesso veicolo), tempi di viaggio, parcheggio, sicurezza e incidentalità, stress e affaticamento alla guida, inquinamento, comfort di viaggio.

### **Treno notturno**

Ho fatto riferimento soltanto a treni a lunga percorrenza notturno, con o senza carico del veicolo privato. Si parlerà solo di servizi notturni in quanto indubbiamente più vantaggiosi rispetto ad analoghi diurni, per i quali si dovrebbe attribuire un diverso valore al tempo a causa della differente fascia oraria e dei costi di pernottamento aggiuntivi.

- VANTAGGI: tempo e fascia oraria di percorrenza, comfort e piacevolezza di viaggio, capacità, ridotto inquinamento, sicurezza, risparmio sui costi di pernottamento, carburante, pedaggio e manutenzione del veicolo privato.
- SVANTAGGI: capillarità, puntualità, perditempo per eventuale carico del veicolo privato, possibili disagi dovuti a rumori e vibrazioni durante il viaggio.

### **Aereo**

Si considerano i vettori attivi sulle principali rotte a corto raggio.

- VANTAGGI: possibilità di coprire lunghe distanze in poco tempo, capacità, sicurezza.
- SVANTAGGI: costi aggiuntivi per i bagagli, costi e tempi aggiuntivi di accesso ed egreso dagli aeroporti, perditempo in aeroporto, stress di viaggio, costi di pernottamento a destinazione se si viaggia in fascia serale, inquinamento, ritardi e cancellazioni.

### **3.3.2 Definizione degli attributi**

Come già accennato, il calcolo della probabilità di scelta modale è strettamente collegato agli attributi considerati in fase di pianificazione del modello. Ciò comporta che, al fine di ottenere un risultato il più affine possibile alle decisioni reali dell'utenza, sarebbe opportuno considerare un gran numero di fattori.

Di contro, però, ciò significherebbe costruire ed analizzare un modello particolarmente complesso dal punto di vista computazionale, in quanto all'aumentare del numero di attributi cresce anche il numero di parametri da calibrare.

Tale questione ha rappresentato uno dei maggiori scogli di questa fase dello studio, in quanto si è dovuto raggiungere, per mezzo di numerosi tentativi, un compromesso tra semplicità e realismo dello studio. Alla luce di queste considerazioni, occorre chiedersi quali siano i parametri davvero rilevanti nell'analisi.

A tal fine, è stata per prima cosa consultata la letteratura a disposizione sul tema in esame così da ricavare quali variabili prendere in considerazione per studi analoghi. In particolare farò riferimento ai lavori di Romàn, Espino e Martín [54] e Heufke Kantelaar [41].

In questa sezione, andrò dunque a descrivere solo gli attributi che ho deciso di utilizzare, un discorso più ampio al riguardo verrà invece svolto nella sezione dedicata all'impostazione dell'indagine SP 4.2.

Sono partito con l'individuare tutti gli aspetti a mio parere rilevanti per l'ottenimento di un risultato soddisfacente e sufficientemente fedele alla realtà.

Tali aspetti, di cui più approfonditamente tratterò nelle pagine seguenti, sono stati raggruppati in quattro macro-categorie, di seguito elencate.

- ECONOMICI E TEMPORALI

- **Costo effettivo di viaggio:** rappresenta, probabilmente, l'attributo principale all'interno di questo tipo di analisi. Esso fa riferimento alle tariffe dei biglietti per i mezzi di trasporto collettivo, mentre comprende i costi del carburante e dell'eventuale pedaggio nel caso del trasporto privato;
- **Costi aggiuntivi di viaggio:** rappresenta una rilevante voce di costo, in quanto può far riferimento a vari elementi, come le maggiorazioni di prezzo per il carico dei bagagli in aereo, le spese aggiuntive da sostenere per il carico del veicolo sul treno, eventuali costi di pernottamento o il costo di noleggio a breve termine di un mezzo a destinazione. Tali fattori dipendono a loro volta da altri elementi come l'orario di partenza o la durata del soggiorno;
- **Tempo di viaggio:** fattore sempre presente all'interno di studi sul tema in esame. In tal caso si fa riferimento ai soli tempi effettivi di spostamento.
- **Perditempo:** similmente a quanto detto per i costi aggiuntivi di viaggio, si tratta di considerare tutti quei tempi morti, ritardi o spostamenti aggiuntivi che intervengono nel momento in cui ci si appropria all'analisi del trasporto. La loro influenza, però, è più marcata per gli spostamenti urbani o suburbani, per cui in tal caso verranno considerati in modo semplificato [39].

- TECNOLOGICI

- **Sicurezza di viaggio:** ogni modo di trasporto offre un grado di sicurezza diverso in termini di incidentalità e rilevanza del fattore umano sull'incolumità dei viaggiatori. Alla luce dei dati in merito, promuovere l'uso di soluzioni alternative potrebbe anche essere un invito a viaggiare in sicurezza evitando di utilizzare il proprio veicolo [12].
- **Comfort:** aspetto che ritengo fondamentale quando si tratta di spostamenti a lunga percorrenza, in quanto esso può giocare a favore di quelle alternative che non riescono a garantire tempi di viaggio ridotti [54]. Ci si aspetta, infatti, che un comfort più elevato vada a beneficio di queste ultime. Tale aspetto è legato, naturalmente, ai servizi offerti a bordo dei vari modi di trasporto e alle sedute a disposizione;

- SOCIALI

- **Possibilità di sviluppare delle convenzioni di viaggio:** numerose compagnie, ferroviarie e non, promuovono l'utilizzo dei propri servizi mediante pacchetti e convezioni volte a garantire all'utente molteplici vantaggi. Si pensi alle soluzioni treno + hotel o ai pacchetti che offrono all'utente un'ampia varietà di esperienze da fare una volta arrivato a destinazione. Il suo impatto può essere concreto, soprattutto ai fini della promozione turistica.
- **Qualità del tempo di viaggio:** ricollegandosi al tema del comfort, un aspetto da evidenziare è quello legato alla piacevolezza dello spostamento, valore aggiunto che può assumere un peso rilevante ai fini della scelta modale. Con ciò, voglio far riferimento, ad esempio, alla possibilità di impiegare il tempo libero per diverse attività, al grado di privacy offerto dal modo di trasporto o al grado di stress accumulato durante il viaggio;

- AMBIENTALI

- **Ecosostenibilità:** un'utenza attenta al tema della sostenibilità ambientale potrebbe essere attratta da soluzioni a minore impatto, come ad esempio il treno. Rispetto a questo tema, si osservino i risultati proposti sul portale di EcoPassenger , uno strumento pratico per viaggiatori e decisori utile per confrontare gli impatti ambientali delle diverse opzioni di trasporto.

Ho voluto individuare nella seguente tabella (4.1) tutti gli attributi considerati inizialmente, partendo dagli aspetti evidenziati in precedenza:

Categorie	Attributi
<b>Aspetti economici e temporali</b>	Costo di viaggio Costo bagagli Costo alloggio Costo noleggio Costo di trasporto del veicolo Tempo di viaggio Tempi di accesso/egresso Tempi di attesa Convenzioni
<b>Aspetti tecnologici</b>	Sicurezza
<b>Aspetti sociali</b>	Comfort Qualità del tempo di viaggio
<b>Aspetti ambientali</b>	Ecosostenibilità

Tabella 3.1: Attributi inizialmente considerati

Per cercare un giusto compromesso tra versatilità del modello e fedeltà alla realtà, ho deciso in una seconda fase, come discusso più approfonditamente anche in 4.2.1, di procedere con delle semplificazioni.

Poiché ritenuti secondari rispetto ai fini dello studio, ho deciso di rimuovere i seguenti attributi:

- Convenzioni;
- Sicurezza;
- Qualità del tempo di viaggio;
- Ecosostenibilità.

Infine, ho scelto di aggregare i parametri rimanenti in soli quattro attributi fondamentali in modo tale da non ottenere un modello troppo complesso dal punto di vista computazionale. Tali fattori sono:

- **Tempo di viaggio ( $T_i$ ):** inteso come tempo complessivo per uno spostamento door-to-door, comprensivo, dunque, di tutti i tempi aggiuntivi già menzionati. Naturalmente ci si aspetta che un maggior tempo di viaggio determini una riduzione della probabilità di scelta del modo di trasporto in esame;
- **Costo di viaggio ( $C_i$ ):** come per il tempo, si è deciso di aggregare in un unico attributo tutte le voci di costo relative alle singole alternative. Naturalmente i mezzi considerati presentano una grande differenza in termini di valutazione dei costi: se da un lato il costo legato al mezzo privato è principalmente legato al carburante e all'eventuale pedaggio, quello del treno e dell'aereo è legato al costo del biglietto più eventuali spese aggiuntive (pernottamento, bagagli ecc.). Anch'esso rappresenta una disutilità, quindi al suo aumentare diminuisce la probabilità di scelta;

- **Costo aggiuntivo per il carico del veicolo sul treno ( $CV_t$ ):** è l'unico contributo di costo che ho voluto scorporare per concentrarmi meglio sulla vera particolarità del servizio in esame, ovvero la possibilità di caricare un veicolo privato. L'attributo verrà fatto variare per valutare se l'incidenza di questo termine sul totale delle spese del viaggio può influire sulla scelta modale. Difatti, negli ultimi anni di attività, il servizio veniva visto dall'utenza come appetibile ma proibitivo viste le tariffe aggiuntive richieste;
- **Comfort:** esso è legato principalmente all'alternativa "Treno notturno", in quanto fa riferimento ai differenti livelli di sistemazione previsti e ai servizi offerti a bordo. Per le altre alternative il tema è stato trattato marginalmente, in quanto un'auto privata e un aereo low cost, per definizione, non prevedono la suddivisione dei posti offerti in livelli di servizio differenti.

Si noti che ho deciso di non considerare la frequenza dei collegamenti in quanto, vista la natura del servizio, si ritiene che i collegamenti saranno al più pari ad uno al giorno. Un diverso ragionamento avrei adottato se avessi dovuto considerare servizi giornalieri, ad esempio regionali o Alta Velocità [54].

Riassumendo, gli attributi di cui terrò conto per lo studio sono presentati sinteticamente in Tabella ??.

Attributi	Veicolo privato	Treno notturno	Aereo
Tempo di viaggio	$T_{au}$	$T_t$	$T_a$
Costo di viaggio	$C_{au}$	$C_t$	$C_a$
Costo carico veicolo	-	$CV_t$	-
Comfort	-	$COM_t$	-

Tabella 3.2: Attributi di scelta e rispettive sigle

È opportuno evidenziare che, se da un lato questa scelta di attributi può sembrare limitata, dall'altro ho deciso di ragionare in questo modo poiché, a valle di numerose riflessioni che verranno approfondite nel corso del lavoro, reputo questi gli aspetti dai quali non si può in alcun modo prescindere quando si tratta di spostamenti a lunga distanza.

### 3.3.3 Quantificazione degli attributi

Nel paragrafo precedente, ho soltanto elencato i principali elementi che ho desiderato includere nell'analisi e sull'individuazione degli attributi da considerare, senza soffermarmi né sui valori da attribuire ad ogni singolo parametro né sul modo in cui trattare alcuni aspetti di fatto non quantificabili. In questa sezione dell'elaborato, invece, affronterò il processo di quantificazione degli attributi di scelta.

Per prima cosa, ho individuato due generiche direttrici nazionali nell'ordine dei 1000 km, prendendo questa come distanza rappresentativa cui far

riferimento per tali tipi di collegamenti. Un esempio può essere offerto dalle seguenti direttrici:

- **Torino-Bari;**
- **Bologna-Reggio Calabria.**

Per le valutazioni che seguono, inoltre, faccio presente che, in maniera analoga a quanto ipotizzato da Perego [52], ho considerato uno spostamento effettuato il **venerdì sera/sabato mattina** in modo tale da far coincidere l'inizio del soggiorno con quello del fine settimana, in quanto è verosimile considerare questo come il periodo della settimana in cui si registrano i maggiori flussi di spostamento. Ciò, dunque, mi porta ad escludere i viaggi effettuati nelle ore centrali della giornata, indipendentemente dal tipo di mezzo scelto.

### **Automobile**

Il mezzo privato rappresenta, tra le alternative considerate, la più semplice da studiare per le mie finalità, in quanto occorre considerare pochi elementi, i quali non dipendono dal numero di passeggeri a bordo.

Esso è così competitivo proprio perchè, indipendentemente da quanti viaggiatori si considerano, costi, tempi e modalità di spostamento non variano.

Inoltre, tutti i costi annui fissi derivanti dal possesso dell'auto (ammortamento del capitale investimento, tassa di circolazione, assicurazione) possono essere trascuranti in quanto vengono pagati a prescindere dall'alternativa considerata, pertanto si considereranno i soli costi variabili, in gran parte costituiti da:

- Costo del carburante;
- Costo del pedaggio (eventuale).

Inizialmente si è pensato di considerare anche il costo legato al pernottamento di una notte a destinazione, nell'ipotesi di considerare una partenza il venerdì al fine di trovarsi il sabato mattina ben riposati. Tale contributo è stato poi rimosso in un secondo momento per evidenziare l'invariabilità del costo in funzione del numero di viaggiatori presenti.

Per il calcolo di tempi e costi lungo la direttrice considerata, mi sono affidato al sito di route planning [viamichelin.it](http://viamichelin.it). Potendo specificare per una miglior fedeltà alla realtà anche il costo del carburante e il tipo di veicolo, ho deciso di prendere in considerazione i dati di ANFIA (Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica) relativi al parco auto italiano nell'anno 2021, secondo i quali vi è una maggioranza di auto a gasolio circolanti nel nostro Paese.

Di conseguenza, i valori risultanti faranno riferimento ad un'auto familiare a gasolio, considerando un prezzo del carburante di **1,80 €/l** (valore influenzato dall'aumento generalizzato dei prezzi avuto nel corso del 2022). Il sito propone più di un itinerario, aventi costi e tempi differenti, di conseguenza terrò conto

di entrambi per poi andare a definire due livelli di variazione relativamente agli attributi di tempo e costo:

Tratta	Costi di viaggio	Tempi di viaggio
Torino - Bari	200,00 €	10h 30 min
Bologna - Reggio C.	170,00 €	11h 00min

Tabella 3.3: Tempi e costi di viaggio sulle tratte in esame (ViaMichelin, 2022)

Si noti che i minori costi per la seconda tratta sono legati all'assenza di pedaggio lungo l'autostrada A2 (Salerno-Reggio Calabria).

Un aspetto da non sottovalutare, infine, è il calcolo di tutti gli altri costi extra di un viaggio in auto, in quanto vi sono delle spese accessorie che possono far aumentare anche di molto il costo finale del viaggio. Fra questi menziono:

- usura e manutenzione del veicolo;
- spese relative alle soste per il rifornimento di cibo e bevande;
- parcheggi a pagamento.

Dare una quantificazione precisa di ciò non è possibile, ma ho ritenuto opportuno specificarlo incrementando i costi riportati in Tabella 3.3.

Per quanto riguarda i tempi di viaggio, specifico che non ho calcolato i tempi a seconda dei diversi livelli di traffico possibili, di conseguenza ho individuato un livello inferiore alla media data dai due tempi ricavati e riportati in Tabella 3.3 e un livello superiore ad essa. I livelli di variazione finali degli attributi "Costo auto" ( $C_{au}$ ) e "Tempo auto" ( $T_{au}$ ) sono presentati in Tabella 3.4:

Attributi	Livelli di variazione	
$C_{au}$	200,00 €	250,00 €
$T_{au}$	10h 00min	11h 30min

Tabella 3.4: Attributi "Costo auto" e "Tempo auto" e rispettivi livelli di variazione.

## Aereo

Per quanto riguarda l'aereo, i parametri individuati non presentano evidenti variazioni a seconda del collegamento considerato. Trattandosi infatti di voli a corto raggio nazionali, tempi, costi e caratteristiche dei velivoli sono sostanzialmente comparabili, indipendentemente dalla direttrice considerata.

Su una distanza di circa 1000 km, l'aereo presenta un tempo di viaggio molto ridotto, circa pari a **1:30 h**. Ciò che influisce, però, sono però i tempi "morti" legati al viaggio.

Di conseguenza, ho necessariamente dovuto considerare i seguenti contributi aggiuntivi:

- due ore prima della partenza per completare le operazioni di check-in in aeroporto;
- trenta minuti considerati come tempo di accesso all'aeroporto;
- trenta minuti considerati come tempo di egresso dall'aeroporto una volta giunti a destinazione;

Un valore pari a mezz'ora per tener conto dei tempi di accesso ed egresso è stato scelto dopo aver consultato tramite *Google Maps* il tempo necessario per raggiungere gli aeroporti di alcune delle principali città del nord e del sud Italia. Alcuni centri godono di collegamenti molto rapidi con gli aeroporti, vedasi Verona o Bari, altri invece sono realizzati ad una distanza maggiore (es. Malpensa) e pertanto necessitano di maggiori tempi.

Ho reputato, in questo caso, non tener conto di tale variabilità in quanto, trattandosi di viaggi a lunga percorrenza, il viaggiatore medio non è influenzato dal tempo impiegato per raggiungere l'aeroporto, bensì dal solo tempo di volo effettivo.

Constatando, dunque, che i tempi di viaggio in aereo sono difficilmente variabili, ho deciso di considerare come unico livello di variazione un totale pari a **04h 30 min.**

In merito ai costi, in questo caso si è fatto riferimento a tariffe tipiche di un volo low cost a corto raggio, senza considerare particolari benefici aggiuntivi (imbarco prioritario, scelta del posto ecc.).

I prezzi dei biglietti sono estremamente variabili e vanno dai 20€ a persona fino ai 60 € circa. Raramente si supera questo prezzo, come ad esempio a ridosso di periodi di vacanza. Ciò che si è fatto è stato dunque partire da un prezzo di 25 € e variarlo del -20%/+30% per individuare due livelli di variazione pari a **20€** e **35€**, come suggerito da Sanko nel suo testo "Guidelines for State Preference Experiment Design" [56].

A ciò si è aggiunta:

- una tariffa di 20 € per il trasferimento in aeroporto, cumulando i costi necessari per raggiungere il terminal di partenza e spostarsi una volta atterrati. Anche in tal caso, le opzioni di spostamento sono molteplici (taxi, autobus, treno, mezzo privato), di conseguenza è stato valutato un costo medio indicativo;
- una maggiorazione di 30 € per i bagagli, contributo che non tiene conto delle dimensioni del bagaglio ma che va a mediare le tariffe tipicamente proposte per un bagaglio a mano aggiuntivo ed un bagaglio da stiva;
- un costo di pernottamento in hotel di 50 € a persona nel caso in cui si decida di partire in serata e alloggiare a destinazione.

In totale, dunque, ho ottenuto dei costi pari a:

Alternativa	Costo di viaggio [€]	
Aereo (partenza di primo mattino)	70,00	85,00
Aereo (partenza in serata)	120,00	135,00

Tabella 3.5: Costi di viaggio per l'alternativa "Aereo" nei casi di partenza la mattina presto o la sera. Da tali costi sono esclusi quelli relativi al noleggio auto a destinazione.

In merito all'alternativa "Aereo" non bisogna trascurare il ruolo del noleggio. Esso presenta delle peculiarità da tenere in considerazione per le successive valutazioni:

- rappresenta una valida soluzione in caso di viaggi brevi (es. week-end) su lunghe distanze grazie all'opzione fly & drive;
- la sua competitività scende per soggiorni lunghi (quattro o più notti) a causa della spesa ingente da considerare su un numero più elevato di giorni;
- il suo costo va diviso per il numero di passeggeri a bordo, di conseguenza per una famiglia o comitiva può essere vantaggioso;
- per alcuni viaggiatori può essere un aspetto negativo il dover guidare un veicolo non personale e dover compiere un maggior numero di trasbordi con i propri bagagli.

Pertanto, raggiungere in aereo la destinazione desiderata e noleggiare in loco una vettura può rappresentare la principale alternativa alla soluzione auto + treno, in quanto entrambe le soluzioni offrono la possibilità di evitare le lunghe ore di guida e sfruttare i benefici dell'auto solo a destinazione.

Per non complicare troppo l'analisi, verrà considerato un solo livello di variazione che tiene conto sia dei rincari applicati nel corso del 2022 (Federconsumatori) sia di noleggi fatti in bassa stagione o su auto più economiche.

In conclusione, è stato considerato un importo settimanale di **400 € totali**, pari a circa 60 € al giorno.

### Treno notturno

Il treno notturno, con o senza la possibilità di trasporto veicolo al seguito, rappresenta l'alternativa di trasporto in esame, per questo ho deciso di dedicare ad essa una maggiore attenzione. Per quanto riguarda i tempi di viaggio effettivi ho tenuto conto di una velocità media di 80/100 km/h.

Ciò porta a dei tempi di percorrenza previsti intorno alle **10/12 ore**. A questi, però, ho aggiunto:

- 30 minuti da come tempo di accesso in stazione. Non si terrà conto del tempo di egresso perché la stazione consente di arrivare direttamente in centro città, a differenza dell'aereo;

- 90 minuti totali per il completamento delle operazioni di carico e scarico dei veicoli. Ciò vale solo per coloro che decidono di caricare il proprio veicolo e non per quelli che invece viaggiano senza di esso.
- 30 minuti per il completamento delle operazioni di aggancio/sgancio dei carri al resto del convoglio;
- 10 minuti prima della partenza per consentire la salita dei passeggeri;
- 5 minuti dopo l'arrivo per consentire la discesa dei passeggeri;

In conclusione, per l'attributo "Tempo treno" ( $T_t$ ) ho ottenuto i seguenti valori:

<b>Tempo di viaggio</b>	<b>Solo Treno</b>	<b>auto + treno</b>
$T_t$	11h 15min	12h 45min
	13h 15min	14h 45min

Tabella 3.6: Attributo "Tempo treno" e rispettivi livelli di variazione, distinguendo tra le alternative proposte.

Per quanto riguarda i costi di viaggio, ho inizialmente pensato di legare tale attributo al livello di comfort offerto, al fine di mostrare all'intervistato, nel corso del questionario, il tipo di servizio offerto in base al prezzo. Questo però avrebbe eliminato qualsiasi oscillazione di prezzo in base al periodo di prenotazione, in quanto non si sarebbe tenuto conto di un calo dei prezzi a pari livello di servizio nel caso di un acquisto fatto molto prima della partenza, pertanto ho deciso di separare i due aspetti.

Ciò comporta che nell'insieme di scenari potranno capitare casi in cui i livelli di comfort sono massimi e quelli di prezzo sono minimi (e viceversa).

I valori relativi ai costi sono stati presi studiando attentamente le tariffe proposte da Trenitalia e ÖBB, rispettivamente per i loro servizi Intercity Notte e Nighjet. Come si può immaginare, i prezzi variano molto in base al periodo di prenotazione, al livello di sistemazione e alla richiesta, partendo da soli 30€ per un sedile reclinabile fino ad arrivare a oltre 170 € per un letto in compartimento dedicato in alta stagione. Per maggiori dettagli riguardo le tariffe applicate da Trenitalia si veda l'Appendice E

Ho deciso, dunque, di individuare tre livelli di variazione per l'attributo "Costo treno" ( $C_t$ ) partendo dalle tariffe medie proposte.

I risultati sono presentati in Tabella 3.7:

<b>Trenitalia</b>	<b>ÖBB</b>	<b>Valori scelti (<math>C_t</math>)</b>
30,00 €	50,00 €	<b>40,00 €</b>
70,00 €	90,00 €	<b>80,00 €</b>
150,00 €	170,00 €	<b>160,00 €</b>

Tabella 3.7: Valori di riferimento per le tariffe proposte da Trenitalia e ÖBB per i loro servizi notturni e livelli di variazione scelti per l'attributo "Costo treno".

A ciò va aggiunto il costo di carico del veicolo nel caso in cui lo si voglia avere a disposizione.

Analizzando le tariffe applicate attualmente da alcuni operatori esteri, si può constatare che si va da un minimo di 90 € per ÖBB ad un massimo di 230 € per *Urlaubs Express* su tratte di lunghezza simile nell'ordine dei 1000 km. In passato, invece, *Arenaways* aveva proposto una tariffa di circa 100 € per il trasporto di veicoli sui propri *Trenhotel*.

Non potendo falsare i risultati dello studio invogliando l'utenza a scegliere tale opzione proponendo prezzi troppo bassi, ho deciso di far variare l'attributo "Costo di carico veicolo" ( $CV_t$ ) su due livelli, ovvero:

- 90,00€;
- 150,00€.

Ultimo, ma non per importanza, si descrive il *comfort di viaggio* per l'alternativa treno.

Fermo restando che per auto e aereo non sono stati considerati aspetti riguardanti il tipo di veicolo o la seduta scelta, per il treno è stato fatto un ragionamento che merita un discorso a parte, di seguito sintetizzato:

- Ho voluto individuare tre livelli di variazione, corrispondenti a tre diversi livelli di servizio offerti a bordo di un convoglio;
- Ho deciso di adottare un sistema di valutazione qualitativo per la definizione dei livelli di comfort (Tabella 3.8);

<b>Livello di variazione</b>	<b>Comfort</b>
★	Base
★★★	Medio
★★★★★	Elevato

Tabella 3.8: Livelli di comfort

- per ogni livello di comfort ho previsto caratteristiche differenti da rispettare, con livelli di sistemazione e servizi a bordo variabili. Ciò è stato fatto per capire quanto incide la piacevolezza del viaggio sulla scelta modale finale e se questo aspetto può essere o meno un valore aggiunto da evidenziare.

L'idea iniziale alla base di questo elaborato era di condurre un'intera indagine parallela basata sul solo comfort, in modo da ottenere risposte più precise in merito a ciò che gli utenti effettivamente desiderano all'interno di tali convogli. Vista però la difficoltà di dover gestire una così ampia mole di informazioni, di comune accordo col prof. Maja, ho deciso di adottare l'approccio semplificato precedentemente esposto. Per uno studio più approfondito sul tema del comfort, si veda il lavoro di Heufke Kantelaar [41].

Di conseguenza, è stata preparata una tabella di facile lettura in cui sono presentati tutti i diversi servizi a seconda del livello di comfort considerato. Ciò è stato fatto per individuare immediatamente a cosa è legato ogni singolo livello di servizio e cosa si deve aspettare l'utente a bordo del treno nel caso decida di scegliere tale alternativa (Tabella 3.9):

Attributo	Base	Medio	Elevato
<b>Tipo di sistemazione</b>	Sedile	Cuccetta	Cabina letto
<b>Capacità compartimento</b>	6 pers.	4 pers.	2/4 pers.
<b>Privacy</b>	No	Sì	Sì
<b>Servizio ristoro</b>	No	Sì	Sì
<b>Servizi igienici</b>	Condivisi	Condivisi	Privati

Tabella 3.9: Servizi offerti per ogni livello di comfort.

Sulla base della variabilità di situazioni precedentemente individuate, ho preferito distinguere fin da subito fra due differenti casistiche. Nelle Tabelle che seguono, dunque, riporterò tutti i valori considerati sui quali baserò le successive considerazioni:

- nella Tabella 3.10 si riportano gli attributi e i livelli di variazione legati a quegli scenari in cui può essere presa in considerazione l'alternativa "Auto + Treno". Si tratta, dunque, di confrontare tale opzione con un viaggio in auto privata ed uno in aereo con partenza la mattina presto;
- nella Tabella 3.11 si riportano gli attributi e i livelli di variazione legati a quegli scenari in cui l'alternativa "Treno notturno" **non** comprende il carico del veicolo privato e si attua un confronto con il mezzo aereo, distinguendo tra una partenza al mattino presto (m) ed una la sera prima (s). Maggiori dettagli saranno forniti in 4.2.1.

Attributi	Livelli		
$T_{au}$ [hh:mm]	10:00	11:30	-
$T_t$ [hh:mm]	12:45	14:45	-
$T_a$ [hh:mm]	04:30	-	-
$C_{au}$ [€]	200,00	250,00	-
$C_t$ [€]	40,00	80,00	160,00
$C_a$ [€]	70,00	85,00	-
$CV_t$ [€]	90,00	150,00	-
$COM_t$ [*]	1	3	5

Tabella 3.10: Quantificazione definitiva attributi: scenari comprendenti l'opzione *veicolo al seguito*

Attributi	Livelli		
$T_t$ [hh:mm]	11:15	13:15	-
$T_a$ (m) [hh:mm]	04:30	-	-
$T_a$ (s) [hh:mm]	04:30	-	-
$C_t$ [€]	40,00	80,00	160,00
$C_a$ (m) [€]	70,00	85,00	-
$C_a$ (s) [€]	120,00	135,00	-
$COM_t$ [*]	1	3	5

Tabella 3.11: Quantificazione definitiva attributi: scenari non comprendenti l'opzione *veicolo al seguito*

### 3.4 Riepilogo

In questo capitolo sono state fornite le fondamenta per affrontare lo sviluppo di uno strumento di modellizzazione della domanda di trasporto potenziale da applicare al tipo di servizio in esame.

I principali risultati ottenuti sono di seguito riassunti.

- Per lo svolgimento dell'analisi, ho deciso di utilizzare il più semplice tra i modelli della famiglia Logit, ovvero il multinomiale;
- Dopo aver riflettuto sulle peculiarità caratterizzanti uno spostamento a lunga distanza, ho deciso di considerare soltanto tre alternative di trasporto: auto privata, treno notturno (con o senza trasporto del veicolo privato) e aereo, distinguendo per quest'ultimo fra una partenza al mattino presto ed una la sera prima. Non ho considerato treni diurni e autobus notturni;
- Come ipotesi fondamentale dello studio, ho ritenuto verosimile considerare degli spostamenti effettuati nel week-end, ipotizzando delle partenze comprese tra il venerdì sera ed il sabato mattina. Ho trovato riscontro di tale ipotesi anche nella tesi di Perego [52];
- In seguito ad una ricerca bibliografica, ho scelto gli aspetti sui quali focalizzarmi maggiormente per il prosieguo dello studio di scelta modale, ovvero: costi, tempi e comfort di viaggio;
- Per ogni alternativa è stato necessario individuare dei livelli di variazione coerenti, un livello di dettaglio maggiore è stato naturalmente dedicato all'alternativa in studio, ovvero il treno notturno;
- Il comfort di viaggio è stato analizzato in maniera qualitativa, prevedendo tre diversi livelli di servizio, ognuno con differenti sistemazioni e servizi aggiuntivi.

Una volta definiti questi punti, è possibile procedere con i successivi passaggi dell'analisi, ovvero la pianificazione di un'indagine SP e la successiva calibrazione del modello costruito.



# Capitolo 4

## Calibrazione

La formulazione del modello presentata nel precedente Capitolo è solo il primo passo volto alla realizzazione di uno strumento decisionale capace di poter essere impiegato concretamente, al fine di misurare gli effetti conseguenti la variazione dei dati, ovvero degli attributi, di partenza.

Pertanto, in questa fase dell'elaborato andrò ad affrontare il processo di calibrazione del modello al fine di ottenere una probabilità di scelta modale valida per l'alternativa in esame.

Ciò verrà portato avanti grazie all'elaborazione dei dati raccolti tramite un'indagine SP (Stated Preference), con la quale investigare i comportamenti di viaggio espressi dagli utenti in un contesto ipotetico, e alla successiva applicazione del criterio di massima verosimiglianza per ricercare i valori dei coefficienti incogniti i quali forniscono la stima che rende il modello "più verosimile" alla realtà.

### 4.1 Metodologia - Funzione di verosimiglianza

Prima di approfondire la questione relativa alla calibrazione del modello, ritengo opportuno riprendere sinteticamente la metodologia sulla quale si fonda tale processo.

Il processo di calibrazione, già definito nel Capitolo precedente, non è altro che un problema di ottimizzazione, in cui occorre ricavare una soluzione che renda il modello il più aderente possibile alla realtà.

Il metodo più comune per affrontare tale quesito, è quello della *massima verosimiglianza*, basato su una funzione che, nella sua forma più generale, ha la seguente formula:

$$L(\beta, \theta) = \prod_{q=1}^Q p^q[i(q)](X^q, \beta, \theta) \quad (4.1)$$

dove:

- $L(\beta, \theta)$ : funzione di verosimiglianza;
- $\beta, \theta$ : coefficienti da stimare;
- $i(q)$ : alternativa scelta dall'utente  $q$ ;
- $p^q[i(q)]$ : probabilità che  $q$  scelga l'alternativa  $i$ ;
- $Q$ : numero di decisori.

Tale funzione si basa sulla condizione fondamentale di avere a disposizione un campione di osservazioni del tutto indipendenti fra di loro.

Il processo di massimizzazione di tale funzione risulta particolarmente oneroso da un punto di vista computazionale, pertanto si è soliti impiegare la sua trasformazione logaritmica, chiamata *log-verosimiglianza*:

$$l(\beta, \theta) = \ln L(\beta, \theta) = \sum_{q=1}^Q \ln p^q[i(q)](X^q, \beta, \theta) \quad (4.2)$$

Si ricordi che l'obiettivo è trovare il vettore di coefficienti che rende massima la 4.2:

$$[\beta^*, \theta^*] = \operatorname{argmax} l(\beta, \theta) \quad (4.3)$$

Ricordando però la formula 3.4, si può evidenziare che la stima separata dei due coefficienti sopra menzionati è impossibile in quanto sono infiniti i rapporti tra i due termini che possono restituire lo stesso valore. Vado allora a definire un unico parametro incognito, chiamato  $\alpha_k = \beta_k/\theta$ , il quale sarà l'unico riferimento nel corso della trattazione.

A questo punto, conoscendo i valori degli attributi, è sufficiente conoscere il campione di utenti e le scelte di questi per procedere alla massimizzazione della funzione, che verrà fatta per via numerica mediante algoritmi risolutivi.

## 4.2 Costruzione dell'indagine SP

Come già espresso, la calibrazione di un modello deve basarsi sull'osservazione di un campione reale di decisori, i quali reagiscono in maniera differente agli attributi  $X_k$  posti davanti ad essi.

Ciò può essere studiato in due modi, ovvero tramite:

- **indagini RP (Revealed Preference)**, nel caso in cui il modello sia calato sulla realtà attuale;
- **indagini SP (Stated Preference)**, se bisogna considerare un'infrastruttura o un servizio non ancora esistenti, e dunque bisogna simulare i processi di scelta degli utenti.

Poiché il servizio in questione è stato soppresso da anni in Italia e non ci sono al momento prospettive di reintroduzione da parte dei soggetti competenti, si farà affidamento alle seconde, tuttavia si andranno a raccogliere anche informazioni relative alla domanda di trasporto attuale in modo da integrare i risultati e studiare le caratteristiche della domanda di trasporto.

Come si può osservare in Figura 4.1, le indagini SP presentano il vantaggio di portare il progettista a superare il vincolo costituito dalle preferenze relative ad un mercato in esame già esistente, aprendo un nuovo ventaglio di opportunità [45]. Ovviamente, ciò comporta una serie di svantaggi, principalmente di tipo analitico e computazionale.

Si tenga conto, infatti, che potrebbero comunque sorgere distorsioni con la realtà in fase di scelta determinando una non perfetta calibrazione del modello [49].

Al fine di evitare ciò, è necessario che, dal punto di vista operativo, si tengano a mente i seguenti concetti chiave:

- chiarezza nell'esposizione dell'obiettivo;
- semplicità di analisi;
- limitatezza del numero di scenari.

In tal modo sarà possibile ottenere un'indagine pratica e funzionale, ottenendo delle risposte credibili e non frutto di noia o distrazione da parte del rispondente.

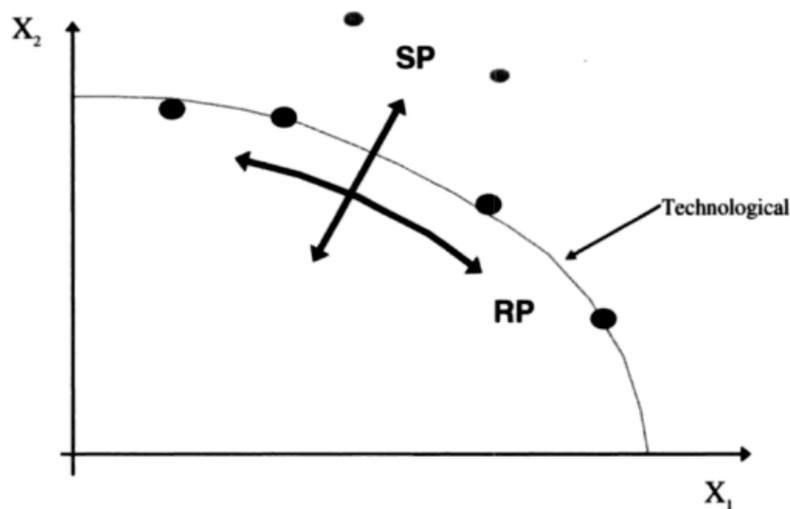


Figura 4.1: Grafico che rappresenta la frontiera tecnologica nonché i ruoli delle indagini RP e SP: le prime sono limitate alla comprensione di preferenze all'interno di mercati e tecnologie esistenti, le seconde permettono di spingersi oltre tale frontiera [45].

Lo strumento a disposizione ci permette dunque di creare un ponte tra il mondo reale degli utenti e quello fittizio del modello. Ciò è però possibile sol-

tanto considerando un numero di rispondenti sufficientemente ampio, quanto meno pari al numero di scenari ipotetici di studio.

### 4.2.1 Piano Fattoriale Completo

Per identificare il numero di scenari teorici da presentare agli intervistati, occorre definire il numero di livelli di variazione dei singoli attributi. Questo porterà alla costruzione del cosiddetto Piano Fattoriale Completo. La legge che lega numero di scenari e livelli di variazione è la seguente:

$$N = \prod_{n=1}^m \mu_i^{n_i} \quad (4.4)$$

in cui:

- $N$  rappresenta il numero di scenari;
- $\mu_i$  è il livello di variazione relativo all' $i$ -esima alternativa;
- $n_i$  è il numero di attributi che presenta il livello di variazione  $\mu_i$ ;

Il processo di costruzione dell'indagine è stato caratterizzato da fasi successive di semplificazione della struttura pianificata, così da ottenere benefici da un punto di vista dell'onere computazionale e della fruibilità della stessa.

Nelle fasi iniziali di approccio al problema, avevo deciso di considerare tutti gli aspetti già discussi in 3.3.2. Gli attributi inizialmente considerati sono raccolti in Tabella 4.1.

Attributi	Auto privata	Treno notturno	Aereo
Costo di viaggio	$C_{au}$	$C_t$	$C_a$
Costo bagagli	-	-	$CB_a$
Costo alloggio	-	-	$CA_a$
Costo noleggio	-	-	$CN_a$
Costo carico veicolo	-	$CV_t$	-
Tempo di viaggio	$T_{au}$	$T_t$	$T_a$
Tempi di accesso/egresso	-	$TA_t$	$TA_a$
Perditempo	-	-	$P_a$
Comfort	-	$COM_t$	-
Convenzioni		$ASA_1$	
Tempo per altre attività		$ASA_2$	
Ecosostenibilità		$ASA_3$	
Sicurezza		$ASA_4$	

Tabella 4.1: Attributi inizialmente considerati

Si faccia attenzione agli ultimi quattro attributi, i quali erano stati immaginati come *Attributi Specifici dell'Alternativa (ASA)*, ovvero come variabili *dummy*, tali dunque da assumere due tipi di valori a seconda che una condizione venisse soddisfatta (valore 1) o meno (valore 0). In altre parole, essi erano

stati inseriti nel modello per esprimere una potenziale preferenza a priori degli utenti verso una certa scelta modale.

- **CONVENZIONI DI VIAGGIO:** rifletteva l'effetto di eventuali convenzioni turistiche pianificate per valorizzare la modalità di trasporto innovativa in esame con gli esercizi ricettivi e culturali delle destinazioni raggiunte. In tal modo, ci si aspettava di far propendere una maggiore percentuale di viaggiatori verso il treno notturno;
- **TEMPO PER ALTRE ATTIVITÀ:** riguardava la qualità del viaggio intesa come tempo a disposizione per altre attività (studiare, leggere, dormire ecc.). Tale variabile va a penalizzare l'auto privata a favore del treno e dell'aereo;
- **ECOSOSTENIBILITÀ:** riguardava la propensione dei viaggiatori a scegliere il treno per le sue caratteristiche di sostenibilità ambientale;
- **SICUREZZA:** tale avrebbe portato a preferire l'aereo ed il treno rispetto al mezzo privato, sulla base della più elevata sicurezza di viaggio offerta.

Ho inizialmente considerato due livelli di variazione per ogni attributo eccetto  $C_t$  e  $COM_t$ , per i quali ne avevo previsti tre al fine di valorizzare meglio tali caratteristiche. In totale, avrei ottenuto un numero totale di scenari pari a:

$$N = 2^{16} * 3^2 = 589.824 \quad (4.5)$$

Sebbene questa iniziale impostazione sembrasse inizialmente più completa ed esaustiva, essa non solo riscontrava un numero di potenziali scenari eccessivi, ma, soprattutto, era troppo lontana da un contesto il più affine possibile alla realtà per l'intervistato. Le principali difficoltà sono sorte in merito alla trattazione dei seguenti punti:

- l'utenza considerata è di tipo occasionale e non pendolare;
- a parità di attributi, un singolo viaggiatore può compiere scelte differenti rispetto a quelle di una famiglia o comitiva, bisogna dunque evidenziare i costi di viaggio in funzione del numero di viaggiatori considerati;
- non è detto che l'utente necessiti di un veicolo a destinazione (privato o a noleggio). In tal caso, occorre rimuovere la possibilità di caricare a bordo il proprio mezzo e rimuovere l'auto privata fra le alternative di trasporto disponibili;
- il numero di giorni di pernottamento deve essere tenuto in considerazione, in quanto la durata del viaggio assume una valenza differente a seconda della durata complessiva del soggiorno. Ciò incide anche sulle alternative di viaggio e sulla necessità di avere a destinazione un mezzo per gli spostamenti interni.

Vista l'estrema variabilità delle situazioni in esame, si è pensato di individuare dei macro-scenari tipo dai quali partire, prendendo come riferimento quanto esposto da Perego nel suo elaborato di tesi [52]. Consapevole di complicare l'indagine, ho dunque pensato di ramificare la sua struttura partendo dalle seguenti domande direzionali:

- *l'utente compie il viaggio da solo o in famiglia/comitiva?*;
- *l'utente reputa necessario avere a disposizione un veicolo (privato o a noleggio) a destinazione?*
- *l'utente intende viaggiare per un soggiorno breve (week-end) o lungo (una settimana)?*

In tal modo, ho trovato un modo per differenziare l'indagine e poter offrire, in base alle abitudini del singolo rispondente, quali scenari trovarsi davanti.

Ciò comportava, ovviamente, delle modifiche agli attributi per ogni ramo dell'indagine, e, di conseguenza, delle complicazioni notevoli per il calcolo del PFC.

In conclusione, ho ottenuto otto differenti casistiche:

1. individui che reputano necessario disporre di un veicolo (privato o a noleggio) a destinazione per un soggiorno breve;
2. individui che reputano necessario disporre di un veicolo (privato o a noleggio) a destinazione per un soggiorno lungo;
3. individui che *non* reputano necessario avere a disposizione un veicolo (privato o a noleggio) a destinazione per un soggiorno breve;
4. individui che *non* reputano necessario avere a disposizione un veicolo (privato o a noleggio) a destinazione per un soggiorno lungo;
5. famiglie/comitive che reputano necessario disporre di un veicolo (privato o a noleggio) a destinazione per un soggiorno breve;
6. famiglie/comitive che reputano necessario disporre di un veicolo (privato o a noleggio) a destinazione per un soggiorno lungo;
7. famiglie/comitive che *non* reputano necessario avere a disposizione un veicolo (privato o a noleggio) a destinazione per un soggiorno breve;
8. famiglie/comitive che *non* reputano necessario avere a disposizione un veicolo (privato o a noleggio) a destinazione per un soggiorno lungo.

Questo complesso scheletro da cui partire per dar vita all'indagine ha complicato ulteriormente il problema relativo al gran numero di scenari da considerare sulla base di differenti alternative di trasporto ed attributi.

Dovendo considerare separatamente tutti i contesti di scelta, è stato necessario infatti capire quali alternative escludere di volta in volta e quali valori attribuire agli attributi.

Mantenendo gli stessi livelli di variazione proposti in 4.1, avrei dovuto considerare per ogni ramificazione comprendente la possibile scelta del mezzo privato 589.824 scenari, mentre per i rimanenti quattro casi privi di tale opzione ne avrei dovuti trattare 36.864 ognuno, per un totale di 2.506.752 scenari.

Essendo impossibile condurre uno studio di queste proporzioni con gli strumenti a disposizione, ho deciso di procedere ad uno snellimento del modello, in modo tale da poter ramificare l'indagine senza dover analizzare un numero eccessivo di scenari. Nello specifico, ho attuato le seguenti modifiche:

- ho rimosso tutte le variabili dummy;
- ho ridotto ad un solo livello di variazione gli attributi  $TA_t$ ,  $PA$ ,  $CB_a$  e  $CA_a$ .

A seconda dei casi affrontati, ho inoltre deciso di adottare delle distinzioni:

- per i casi di viaggio breve, ho rimosso l'opzione "Auto privata", la quale, date le lunghe distanze in gioco, non risulta competitiva per un soggiorno di durata così limitata. Per lo stesso motivo, ho rimosso l'attributo  $CV_t$  da tali casistiche in quanto è difficile ipotizzare che un'utente decida di sostenere costi aggiuntivi per poter trasportare il proprio veicolo per un breve periodo di soggiorno;
- al posto del trasporto privato, per i casi considerati al punto precedente ho deciso di inserire la possibilità di partire con l'aereo sia al mattino presto sia la sera del giorno prima. L'unica differenza tra le due alternative sta nel costo maggiore dovuto al pernottamento a destinazione, fattore assente nel caso di partenza in mattinata.
- per i viaggi senza necessità di mezzo privato a destinazione, sono stati rimossi tutti i fattori afferenti al trasporto o noleggio di un veicolo.

La riduzione degli attributi da considerare mi ha portato a calcolare nuovamente il numero totale di scenari per ogni ramo del modello da studiare secondo la formula 4.4, ottenendo un totale di 5.760 scenari.

Tale soluzione non è sembrata tanto convincente quanto previsto inizialmente, dunque ho applicato ulteriori semplificazioni:

- ho deciso di aggregare all'interno dell'attributo  $T_a$  i tempi di accesso ed egresso ( $TA_a$ );
- ho portato ad un solo livello di variazione i fattori  $CN_a$  e  $T_a$ .

Inoltre, ho compreso che gran parte delle ramificazioni possibili potevano essere rimosse agendo semplicemente sulla comunicazione delle informazioni necessarie alla scelta modale in fase di esecuzione dell'indagine SP. Un esempio è offerto dalla distinzione attuata tra individui e famiglie o comitive, in quanto, essendo i costi proporzionali al numero di viaggiatori considerati (ad eccezione dell'auto privata, per la quale i costi sono fissi), mi sarebbe bastato inserire

all'interno di uno stesso scenario i costi legati al numero di viaggiatori, così da fornire un confronto ai rispondenti.

Limando ulteriormente la struttura dell'indagine, sono dunque arrivato alla soluzione definitiva, individuando solo due ramificazioni rispetto alle otto inizialmente considerate:

1. scenari comprendenti l'opzione "Auto privata";
2. scenari *non* comprendenti l'opzione "Auto privata".

In tal modo ho inglobato tutte le differenti casistiche precedentemente menzionate in due categorie. I vantaggi ottenuti sono stati i seguenti:

- riduzione degli scenari di analisi e minore onere computazionale;
- distinzione fra le alternative di viaggio "Treno notturno" e "auto + treno", a seconda se si scelga o meno l'opzione di trasporto del veicolo privato;
- rimozione della distinzione fra contesti in cui l'utente viaggia da solo o in compagnia;
- possibilità di valutare il differente comportamento degli utenti in funzione della durata del soggiorno.

In merito all'ultimo punto, ho ritenuto ragionevole pensare che per un breve soggiorno non si prende in considerazione il trasporto del proprio veicolo né si considera di viaggiare in auto, ma si valutano solo treno e aereo, valutando per quest'ultimo la partenza la mattina presto o la sera prima. Si noti che la distinzione tra le due alternative relative all'aereo in base all'orario di partenza non incide sui livelli di variazione di costo. Al contrario, un soggiorno lungo può rendere competitivo un viaggio in auto o in treno con auto al seguito, paragonando poi tali alternative all'opzione fly & drive.

Nelle Tabelle 4.2 e 4.3 si presentano gli attributi definitivamente selezionati e i rispettivi livelli di variazione. Per una più approfondita trattazione degli stessi si rimanda a 3.3.2.

<b>Attributi</b>	<b>Auto privata</b>	<b>auto + treno</b>	<b>Aereo</b>
Tempo di viaggio	2	2	1
Costi di viaggio	2	3	2
Costo carico veicolo	-	2	-
Comfort	-	3	-

Tabella 4.2: Scenari con veicolo privato: attributi di scelta e livelli di variazione.

Attributi	Treno notturno	Aereo (mattina)	Aereo (sera)
Tempo di viaggio	2	1	1
Costi di viaggio	3	2	-
Comfort	3	-	-

Tabella 4.3: Scenario senza veicolo privato: attributi di scelta e livelli di variazione.

Ho calcolato, dunque, il PFC definitivo, ottenendo un numero di scenari pari a:

$$N_{siauto} = 2^5 * 3^2 = 288 \quad (4.6)$$

$$N_{noauto} = 2^2 * 3^2 = 36 \quad (4.7)$$

$$N = 288 + 36 = 324 \quad (4.8)$$

A questo punto si è deciso di codificare il PFC, imponendo ai livelli di variazione, che ricordiamo non essere stati ancora quantificati, i seguenti valori:

- il livello maggiore viene indicato come +1;
- il livello minore viene indicato come -1;
- il livello intermedio (se presente) viene indicato con lo 0.

Prima di proseguire con le successive fasi della progettazione, occorre però definire i seguenti concetti [49]:

- Si parla di principio di *confronto* rispetto ad un attributo  $i$  se la somma dei livelli alti e dei livelli bassi è uguale a zero, ovvero se il numero di livelli alti "+1" è uguale al numero di livelli bassi "-1" (4.9);
- Si parla di principio di *ortogonalità* tra due attributi  $i$  e  $j$  se il numero di scenari che mostrano livelli concordi "+1;+1" o "-1;-1" è uguale al numero di scenari che presentano livelli discordi "+1;-1" o "-1;+1" (4.10).

In formule:

$$\sum_{i=1}^n l_{ij} = 0 \quad (4.9)$$

$$\sum_{i=1}^n l_{ij} * l_{ih} = 0 \quad (4.10)$$

La verifica di queste caratteristiche è necessaria in quanto certifica che gli attributi non sono in alcun modo reciprocamente correlati. Inoltre, il loro rispetto è finalizzato all'ottenimento di esperimenti SP di facile comprensione e interpretazione da parte degli intervistati.

Per quanto riguarda il mio studio, entrambe le proprietà sono state rispettate, dunque è stato possibile procedere con la successiva fase di scomposizione a blocchi.

## 4.2.2 Scomposizione a blocchi

Per ridurre il numero di persone da intervistare senza perdere troppe informazioni, è possibile attuare delle cosiddette tecniche di riduzione, volte a gestire ed utilizzare il PFC ottenuto in maniera più efficiente.

Poiché i 324 scenari teoricamente ottenuti tramite PFC risultano ancora eccessivi per poter essere gestiti in maniera agevole, si è applicata una delle varie tecniche di riduzione proposte, ovvero la *scomposizione a blocchi*.

Tale tecnica consiste nel dividere il numero N di scenari in blocchi da sottoporre a intervistati diversi, mantenendo le proprietà di confronto e ortogonalità. Il criterio di suddivisione parte dal concetto di *variabile di blocco*, la quale non è altro che un'interazione tra due o più attributi. Detto in altre parole, gli scenari che presentano lo stesso valore di variabile di blocco (+1;-1;0) vengono raggruppati in uno stesso blocco.

Sulla base di ciò è stato definito un numero di variabili tale da poter ottenere un numero di scenari per blocco non troppo alto (di norma massimo 8-10 per gruppo), si tenga presente che in base al numero di variabili di blocco e al loro livello di variazione, ottengo un numero di scenari per blocco differente.

Nel mio caso, i 324 scenari sono stati divisi in **54 blocchi** in modo tale da ottenere  $324/54 = 6$  scenari a blocco. Nello specifico, sono stati ottenuti:

- $2^4 * 3 = 48$  blocchi per gli scenari con veicolo proprio (Tabella 4.4);
- $3 * 2 = 6$  blocchi per quelli non comprendenti tale alternativa (Tabella 4.5).

Le variabili di blocco scelte vengono di seguito specificate:

Variabili di blocco	Livelli di variazione
$C_{au} * T_t$	2
$T_{au} * T_t$	2
$CV_t * C_a$	2
$C_{au} * CV_t$	2
$C_t * C_a$	3

Tabella 4.4: Variabili di blocco e rispettivi livelli di variazione per il gruppo di scenari con veicolo privato

Variabili di blocco	Livelli di variazione
$C_t * C_a$	3
$T_t * C_a$	2

Tabella 4.5: Variabili di blocco e rispettivi livelli di variazione per il gruppo di scenari senza veicolo privato

Tale risultato porta, inoltre, ad individuare un campione minimo di riferimento da rispettare pari a 54 persone. Ciò significa che, al minimo, occorre avere una risposta per ogni blocco per poter procedere con la successiva calibrazione del modello.

Ovviamente, si cerca di far rispondere il maggior numero possibile di persone ad uno stesso blocco in modo tale da avere un risultato più accurato che elimini o quanto meno riduca gli errori nati da scelte irrazionali o distratte.

A chiusura di questo argomento, faccio presente che le matrici relative al Piano Fattoriale Completo sono disponibili sul file Excel denominato "PFC" accessibile all'interno della cartella Google Drive denominata *Tesi - Simone Cannarsa*. Per quanto riguarda, invece, la suddivisione in blocchi, si invita alla consultazione dell'Appendice C.

## 4.3 Esecuzione dell'indagine SP

### 4.3.1 Costruzione del questionario

La costruzione del questionario finalizzata alla diffusione dell'indagine ha richiesto un attento studio in quanto, nelle prime fasi, ci si è scontrati con le limitazioni proprie di alcuni dei numerosi strumenti finalizzati alla creazione e diffusione di questionari, a causa delle eccessive dimensioni della struttura ideata, di cui già ho trattato in 4.2.1.

Per il suo sviluppo ho infatti preso in considerazione diversi programmi specifici per la realizzazione di indagini, come Survio, LimeSurvey o Microsoft Forms. La scelta, però è infine ricaduta su *Google Moduli* in quanto si è dimostrata essere la piattaforma più flessibile e intuitiva, sebbene presenti una grafica meno accattivante di altri strumenti ad hoc.

Una volta ottenuta la forma finale dello studio, è stato possibile quindi caricare tutto il necessario sul cloud Google e impostare il questionario online.

Quest'ultimo può considerarsi diviso in tre parti ben distinte:

- una prima parte composta da domande socio demografiche utili per costruire, durante la successiva fase di elaborazione dei risultati, l'identikit di un potenziale utente interessato al servizio in esame;
- una seconda fase volta a conoscere le abitudini di spostamento degli intervistati e il loro interesse verso il servizio proposto;
- una terza fase dedicata, infine, alla scelta modale vera e propria.

In totale, il questionario è composto da 77 sezioni, la gran parte di queste è stata creata per suddividere i vari blocchi, in modo tale da reindirizzare gli intervistati ad un singolo gruppo di scenari in base alle loro risposte. Nello specifico:

- le sezioni 1 e 2 sono dedicate ad introdurre il questionario e a presentare le domande socio demografiche;
- le sezioni 3-7 sono dedicate alle domande relative alle abitudini di spostamento e all'ottenimento di opinioni in merito al servizio proposto;

- la sezione 8 presenta la prima domanda direzionale, con la quale gli intervistati, senza che loro, ovviamente, se ne rendano conto, vengono indirizzati verso l'insieme di scenari comprendenti il veicolo privato o verso quelli che non lo considerano;
- le sezioni 9-21 comprendono ulteriori domande direzionali in base alle quali ogni intervistato viene mandato verso un blocco di scenari. La sezione 9 presenta un'unica domanda in cui viene chiesto il mese di nascita, successivamente viene chiesto di selezionare una sola lettera tra quelle proposte e da qui si viene rimandati al blocco collegato all'opzione selezionata. Di conseguenza, ad ogni mese sono collegati quattro blocchi. Si è supposta una ripartizione delle nascite degli intervistati omogenea in funzione del mese;
- la sezione 22 è invece dedicata a coloro che non sono interessati a considerare il veicolo privato tra le proprie alternative di scelta. In tal caso si chiede solamente di selezionare una delle lettere proposte visto il minor numero di scenari. Ogni opzione è dunque collegata ad un blocco;
- le sezioni 23-70 sono dedicate alla presentazione di tutti gli scenari comprendenti il veicolo privato;
- le sezioni 71-76 sono dedicate alla presentazione di tutti gli scenari in cui non viene considerato il veicolo privato;
- la sezione 77 è, infine quella che chiude il questionario. In essa si ringraziano i partecipanti all'indagine e si invita all'invio delle risposte.

Per meglio presentare la struttura del questionario, ho realizzato il seguente schema (Figura 4.2), con il quale è possibile distinguere chiaramente i due rami principali considerati per l'indagine.

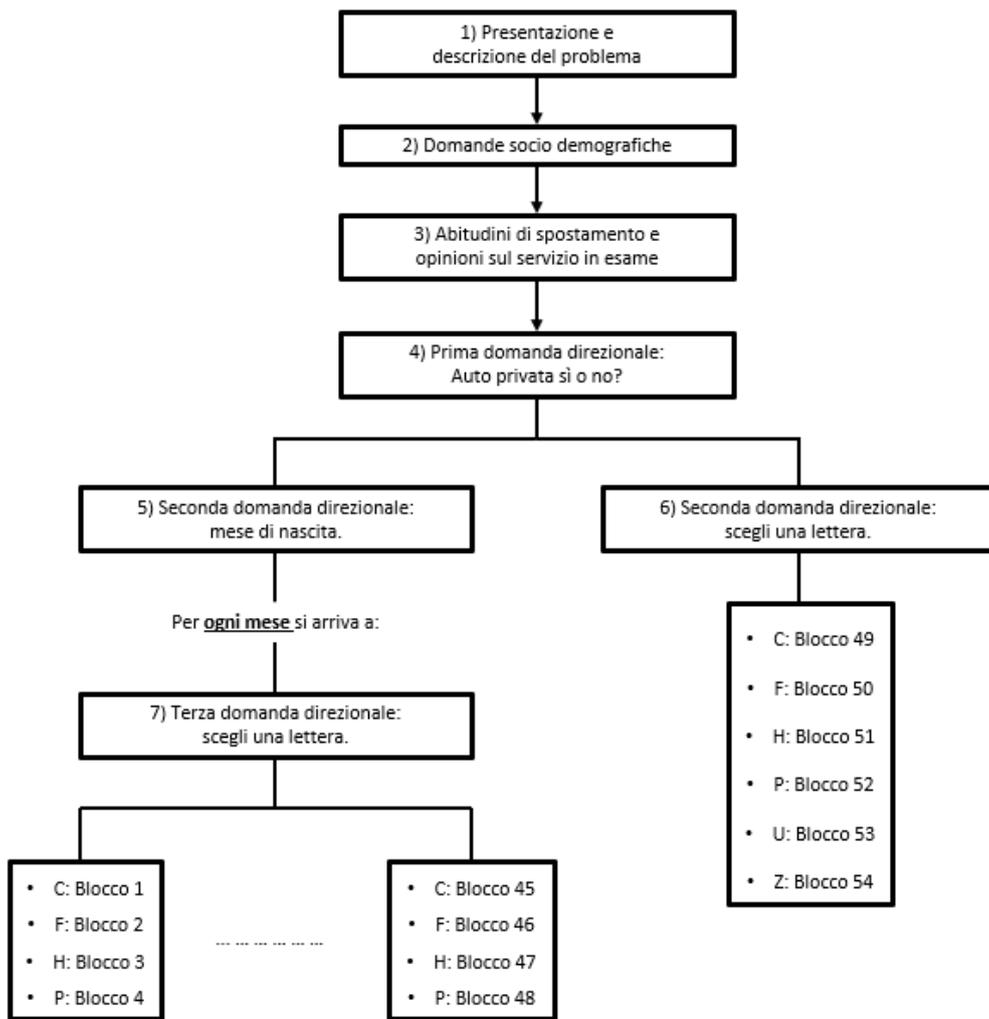


Figura 4.2: Mappa concettuale riassuntiva del questionario. Elaborazione personale.

Il questionario si apre con una breve presentazione, in cui viene sinteticamente descritto il tema:

*Benvenuto!*

*Sono uno studente di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile – Infrastrutture di Trasporto del Politecnico di Milano intento a redigere il proprio elaborato di tesi.*

*L'indagine alla quale stai prendendo parte è finalizzata allo studio della domanda di trasporto potenziale interessata all'utilizzo del treno notturno e alla reintroduzione del servizio "auto al seguito" lungo la direttrice nazionale Nord-Sud.*

*Si tratta di un servizio che consente di trasportare sia i viaggiatori all'interno delle vetture passeggeri sia auto e motoveicoli privati grazie ad appositi carri. Lo scopo è di evitare agli utenti, molto spesso turisti, l'affaticamento dei lunghi percorsi di avvicinamento e l'intasamento della rete viaria.*

*Grazie alle risposte ricevute sarà possibile comprendere la reale competitività di questo servizio e capire quali sono le preferenze dei consumatori in termini di trasporto. Le risposte sono anonime e saranno necessari solo pochi minuti per il completamento del questionario.*

*Grazie per il tempo dedicato, il tuo aiuto è molto importante.*

Successivamente viene presentato il primo gruppo di domande, nell'ordine si vanno a chiedere:

- Sesso;
- Età;
- Titolo di studio;
- Condizione occupazionale;
- Reddito;
- Possesso patente di guida;
- Possesso di un'automobile;

Si passa successivamente all'analisi delle preferenze di spostamento. In tale sezione ho cercato di raccogliere informazioni in merito alle modalità, ai motivi abituali di spostamento a lunga distanza e alla propensione del viaggiatore a passare ad una forma di mobilità più sostenibile.

Quest'ultimo quesito va di fatto a colmare il vuoto lasciato dalla rimozione dell'attributo "Ecosostenibilità" dal modello, in quanto desidero comprendere se l'approccio ad una modalità meno impattante dal punto di vista ambientale possa essere influenzante ai fini della scelta del mezzo di trasporto.

Successivamente si raccolgono opinioni in merito al servizio in esame, chiedendo agli intervistati quali sono, a loro parere, i vantaggi e gli svantaggi attualmente riscontrati su un treno notturno con possibilità di trasporto veicoli

al seguito. Ciò è finalizzato non a far emergere i punti di forza di tale servizio, quanto più ad evidenziare le criticità che devono essere risolte, alla luce soprattutto delle carenze gestionali che in passato caratterizzarono l'organizzazione di tale programma.

Si passa, infine, alla scelta modale vera e propria. Prima di rispondere alle domande direzionali precedentemente introdotte, viene però presentata all'intervistato una tabella sintetica in cui si evidenziano i principali vantaggi e svantaggi di ogni alternativa di trasporto trattata (Figura 4.3):

	AUTO PRIVATA	TRENO NOTTURNO	AEREO (partenza mattina presto)	AEREO (partenza sera)
Costi aggiuntivi per il pernottamento				
Tempo effettivo di viaggio				
Qualità del sonno				
Libertà di trasporto bagagli				
Stress e disagi				
Ecosostenibilità				
Privacy				
Sicurezza e incidentalità				
Servizi igienici e possibilità di ristoro				
Flessibilità con gli orari				

Figura 4.3: Tabella riassuntiva delle principali caratteristiche di ogni alternativa di trasporto considerata nello studio.

Si è cercato di rendere tale tabella il più immediata possibile da leggere e comprendere, in modo tale da invogliare l'intervistato a leggerla così da renderlo consapevole delle varie peculiarità di ogni alternativa. I simboli e i colori rendono infatti immediatamente chiaro cosa si sta leggendo e incuriosiscono al contempo il lettore.

Così facendo si è cercato di condensare tutto ciò che in fase di costruzione dell'indagine si era dovuto mettere da parte per ridurre il numero di attributi all'interno dell'indagine. Si noti infatti che emergono aspetti innovativi per uno studio di scelta modale, come la qualità del sonno, la privacy, il grado di sicurezza di viaggio e la disponibilità di servizi a bordo, fattori che vengono poi a loro volta racchiusi all'interno dell'attributo "Comfort".

Segue, dunque, la suddivisione del questionario in blocchi, secondo le modalità precedentemente esposte. I sei scenari che caratterizzano un gruppo sono stati accompagnati da una sintetica descrizione e dalla Tabella 3.9 precedentemente presentata.

In merito alle due ramificazioni realizzate, bisogna fare delle considerazioni:

- per quanto riguarda gli scenari comprendenti il veicolo privato, ci si è resi conto che in ogni blocco essi erano uguali a tre a tre, eccezion fatta per il livello di comfort a bordo del treno. Di conseguenza ho pensato di proporre all'intervistato solo due scenari, ognuno di essi presentato tramite una tabella sintetica, all'interno della quale, al posto del livello di comfort, ho inserito un punto interrogativo. Ad ogni tabella ho fatto seguire tre domande in cui, al variare del livello di comfort era necessario rispondere selezionando una delle alternative;
- per quanto riguarda invece i blocchi comprendenti solo le alternative "Treno notturno", "Aereo (partenza mattina presto)" e "Aereo (partenza sera)" sono state presentate sei tabelle differenti e per ognuna di esse si è chiesto di scegliere una delle alternative proposte. In tal caso, infatti, la maggior variabilità dei valori degli attributi tra uno scenario e i seguenti mi ha portato a concludere che non sarebbero giunti problemi di noia o distrazione.

In entrambi i casi, ogni intervistato risponde comunque a sole sei domande, non alterando dunque la validità dell'indagine. La decisione di rappresentare tali scenari in una sintetica e pulita tabella e non in uno schema grafico più articolato è stata presa in seguito alla lettura di elaborati precedenti [41] [53]. Un esempio di tali scenari viene presentato di seguito.

* Per l'alternativa «AEREO» si consideri anche il noleggio a destinazione di un'auto per una settimana al prezzo complessivo di 400 €.		AUTO PRIVATA 	TRENO NOTTURNO + VEICOLO AL SEGUITO 	AEREO* 
	<b>Tempo [ore]</b> Comprendente: - Tempo effettivo di viaggio - Tempo di accesso alla stazione/aeroporto - Check-in e controllo bagagli - Tempi di carico/scarico veicolo privato - Tempo di egresso dalla stazione/aeroporto	<b>10:00</b> • 10:00 • - • - • - • -	<b>14:45</b> • 12:45 • 00:30 • - • 01:30 • -	<b>04:30</b> • 01:30 • 00:30 • 02:00 • - • 00:30
	<b>Costo AGGIUNTIVO carico veicolo [€]</b>	-	150 €	-
	<b>Costi di viaggio [€] (divisi a seconda del numero di viaggiatori)</b>	200 €	• 160 € da soli • 260 € in due • 380 € in tre • 510 € in quattro	• 70 € da soli • 140 € in due • 210 € in tre • 280 € in quattro
	<b>Comfort</b>	-	?	Classe Economy

Figura 4.4: Scenario tipo per la ramificazione comprendente l'opzione "Auto privata"

		TRENO NOTTURNO	AEREO (partenza mattina presto)	AEREO (partenza sera)
				
	<b>Tempo [ore]</b> <b>Comprendente:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempo effettivo di viaggio</li> <li>- Tempo di accesso alla stazione/aeroporto</li> <li>- Check-in e controllo bagagli</li> <li>- Tempo di egresso dalla stazione/aeroporto</li> </ul>	<b>13:15</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12:45</li> <li>• 00:30</li> <li>• -</li> <li>• -</li> </ul>	<b>04:30</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 01:30</li> <li>• 00:30</li> <li>• 02:00</li> <li>• 00:30</li> </ul>	<b>04:30</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 01:30</li> <li>• 00:30</li> <li>• 02:00</li> <li>• 00:30</li> </ul>
	<b>Costi [€]</b> <b>(divisi a seconda del numero di viaggiatori)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 160 € da soli</li> <li>• 260 € in due</li> <li>• 380 € in tre</li> <li>• 510 € in quattro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 70 € da soli</li> <li>• 140 € in due</li> <li>• 210 € in tre</li> <li>• 280 € in quattro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 120 € da soli</li> <li>• 240 € in due</li> <li>• 360 € in tre</li> <li>• 480 € in quattro</li> </ul>
	<b>Comfort</b>	★ (Scarso)	Classe Economy	Classe Economy

Figura 4.5: Scenario tipo per la ramificazione non comprendente l'opzione "Auto privata"

Si noti che si è agevolato l'intervistato mettendo in grassetto i principali termini da considerare ai fini della scelta modale, così da evidenziare gli aspetti sui quali concentrarsi più a fondo.

Osservando le Figure 4.4 e 4.5 reputo necessario soffermarsi sui seguenti aspetti funzionali alla leggibilità e comprensione degli scenari:

- per tutti gli scenari comprendenti l'auto privata, si è scritta una nota posta in alto a sinistra della tabella relativa al *costo del noleggio auto a destinazione* per una settimana di viaggio. Ciò è stato fatto per rendere consapevole l'intervistato delle maggiorazioni annesse all'opzione fly & drive. Non è detto, infatti, che un viaggiatore sia costretto a ricorrere a questa soluzione per poter raggiungere la propria destinazione una volta arrivato in aeroporto. La scelta è motivata da quanto fatto da Peregò nel suo elaborato di tesi [52];
- avendo deciso di ridurre l'indagine a sole due ramificazioni, ho deciso di tener conto dei diversi costi legati al numero di persone in viaggio

specificando in ogni scenario quanto si va a pagare in funzione del numero di persone. A tal proposito si faccia caso però ad un dettaglio rilevante: per quanto riguarda i costi legati all'alternativa "Auto privata" ho deciso di inserire un solo valore in modo tale da far rendere conto all'intervistato che tale importo è fisso indipendentemente dal numero di passeggeri;

- per tener conto dei costi delle alternative Treno e Aereo all'aumentare del numero di viaggiatori ho applicato un approccio innovativo per un'indagine di questo tipo, che ha però un suo reale riscontro nella realtà. Ho deciso, infatti, di far aumentare proporzionalmente i costi di viaggio in aereo, mentre ho applicato delle riduzioni per i viaggi in treno. Questo è quanto comunemente avviene in un contesto reale, in cui le principali compagnie ferroviarie sono solite applicare sconti di vario tipo su famiglie, coppie e comitive, agevolando il viaggio in treno per queste categorie di viaggiatori, mentre le compagnie aeree applicano la medesima tariffa indipendentemente dal tipo di viaggiatore. Si fa presente, però, che tale sconto non verrà applicato anche sul costo di carico del veicolo. L'entità dello sconto applicato, pari al 20% del totale, è stata decisa in funzione degli sconti reali applicati sui prezzi base proposti dagli operatori, decidendo di non proporre riduzioni troppo marcate per non invogliare l'utenza a scegliere l'alternativa "Treno notturno" sulla base di tariffe difficilmente sostenibili da parte di una potenziale impresa destinata a realizzare il servizio.

A conclusione di questa sezione, si rimanda all'Appendice D in cui, per completezza, viene mostrato passo dopo passo il questionario al fine di chiarire meglio le singole parti trattate, così da fungere da punto di riferimento nel caso in cui, in futuro, si vogliano compiere ricerche più avanzate sul tema partendo da quanto proposto.

### 4.3.2 Risultati dell'indagine

Il questionario trattato nel Paragrafo 4.3 è stato lanciato in data 22 Novembre 2022 sfruttando le principali piattaforme social (Facebook, Instagram, LinkedIn). Il form è stato, inoltre, caricato sulla piattaforma di diffusione indagini SurveyCircle e sui gruppi Facebook facenti riferimento ad essa.

Ho deciso di dedicarmi unicamente ad una modalità di diffusione online in quanto più pratica e veloce per poter raggiungere un elevato numero di persone.

L'obiettivo iniziale è stato quello di abbracciare una fascia di rispondenti il più possibile variegata, al fine di non concentrarsi solo su una cerchia limitata di età, condizione occupazionale o reddito.

Parallelamente ho interpellato gli Enti del Turismo regionali con i quali nei mesi precedenti mi sono interfacciato per la realizzazione dell'indagine. In particolare, mi sono concentrato sulle Regioni del Nord e Sud Italia, ovvero quelle su cui è plausibile far calare il servizio:

- Piemonte;
- Lombardia;
- Veneto;
- Puglia;
- Calabria.

Ho ricevuto numerosi apprezzamenti in merito al tema trattato e, grazie ai contatti con i vari Uffici Turistici e della Mobilità regionali, sono riuscito a diffondere ulteriormente il questionario tramite i loro canali.

Inoltre, ho contattato i portali ferroviari di *ferrovie.it* e *ferrovie.info* per poter informare le rispettive redazioni del lavoro in svolgimento.

In data 23 Novembre 2022, il sito ferrovie.it ha pubblicato un articolo accessibile al seguente *link*, il quale ha generato una notevole risonanza, registrando un flusso di accessi al questionario di grande portata che è durato per tutta la settimana seguente (Figura 4.6).

L'interesse verso il tema è altresì testimoniato dalle numerose reazioni all'articolo sulla pagina ufficiale *Facebook* del sito, con oltre mille reazioni e duecentoquaranta commenti, a testimoniare l'apprezzamento verso il lavoro svolto.

L'articolo ha, infatti, stimolato un gran numero di discussioni sul tema, le quali sono state molto utili per comprendere le potenzialità del servizio e le criticità che hanno portato alla sua soppressione.

A tal proposito ringrazio in particolare Pasquale Saladino, ex Responsabile della vendita presso le biglietterie della stazione di Milano Centrale, con il quale ho avuto il piacere di dialogare di persona in merito alla storia del servizio auto al seguito in Italia, dell'importanza che ha assunto in passato per i collegamenti tra Nord e Sud Italia e delle ragioni che hanno portato al suo declino.

Il questionario è rimasto attivo per due settimane ed è stato chiuso in data 5 dicembre 2022, collezionando ben 821 risposte. Avendone ottenuto un numero di gran lunga superiore al minimo necessario, ho deciso di non accettarne più altre e proseguire con le successive fasi.

I risultati dell'indagine sono riportati di seguito e verranno divisi in due parti:

- la prima relativa all'analisi delle caratteristiche del campione individuato;
- la seconda relativa al processo vero e proprio di scelta modale.

## Treno notturno con auto al seguito: una tesi di laurea per la sua riattivazione

### Comunicato stampa

Uno studio volto a recuperare il programma "auto al seguito" su scala nazionale, con l'obiettivo di individuare il potenziale bacino di utenza che esso potrebbe avere e sviluppare il settore dei treni notturni, in crescita in tutta Europa.

È questa l'iniziativa di Simone Cannarsa, iscritto al corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile - Infrastrutture di Trasporto presso il Politecnico di Milano, il quale ha deciso di incentrare il proprio elaborato di tesi sull'analisi di un servizio previsto sui binari italiani fino a non molti anni fa. Lo studio punta ad analizzare, alla luce delle tendenze di spostamento attuali dei viaggiatori e delle criticità da affrontare per una riattivazione nel nostro Paese, una soluzione di trasporto che, se ben gestita, potrebbe risultare competitiva sulle lunghe distanze. Ad oggi, si ricorda, vi sono solo compagnie estere a garantire, periodicamente, collegamenti internazionali di questo tipo con l'Italia.

Al fine di osservare la risposta dei viaggiatori e capire in che condizioni questi sono disposti a scegliere tale servizio, è stata realizzata un'indagine, necessaria per valutare la potenziale competitività di un ipotetico collegamento lungo la direttrice nazionale Nord - Sud. L'indagine non è rivolta agli utenti di una specifica tratta, ma è destinata a tutti coloro che, per motivi di lavoro, studio o vacanza, sono soliti compiere lunghi spostamenti tra Nord e Sud Italia (e perché no, anche da o per destinazioni estere).

I margini di sviluppo sono notevoli in quanto, in un periodo in cui i viaggi ecologici e la mobilità hanno assunto una rilevanza centrale, gran parte dei viaggiatori sceglie ancora di spostarsi utilizzando il proprio mezzo di trasporto. In quest'ottica, si può pensare alla riattivazione del programma "auto al seguito" e all'ampliamento dell'offerta di treni notturni come una possibilità per incentivare un'esperienza di viaggio differente, seguendo la scia di altri Paesi europei che hanno deciso di investire sul settore.

L'aiuto di chi compila il questionario sarà fondamentale per poter acquisire dati sufficienti e impostare una simulazione attendibile.

Ecco il link al questionario: <https://tinyurl.com/3c5fehk4>



Comunicato stampa - 23 novembre 2022

Figura 4.6: Comunicato stampa pubblicato sul sito *ferrovie.it* a promozione dell'indagine realizzata.

### 4.3.3 Analisi delle caratteristiche del campione

La comprensione delle caratteristiche del campione scelto può consentire di decifrare in modo più accurato ciò che si cela dietro le risposte ottenute. In tal modo, è possibile, dunque, anche determinare le caratteristiche tipo dell'utente medio interessato a questo servizio, affinché le imprese ferroviarie, ma anche gli operatori turistici, riescano ad individuare più precisamente a quale nicchia di mercato rivolgersi. Di ciò se ne parlerà in 4.3.4.

La prima domanda del questionario che i rispondenti hanno incontrato è stata quella relativa al genere. Sorprendono fin da subito i risultati, con una netta prevalenza di uomini rispetto alle donne. Il risultato sorprende in quanto si è cercato di influenzare il meno possibile la diffusione del questionario, dunque posso ipotizzare che ci sia stato un generale disinteresse sul tema da parte del genere femminile. Come da Figura 4.7, circa l'87% dei rispondenti è, infatti, di genere maschile, solo poco più di cento sono le risposte provenienti da donne. Lo stesso si può evincere dalle reazioni all'articolo online pubblicato sulla pagina Facebook di *ferrovie.it*.

Tale astensione da parte del genere femminile può anche essere motivata, come presentato da Stradling et al.([61]), dal fatto che le donne sono più riluttanti a viaggiare di notte sui mezzi pubblici, soprattutto se da sole, di conseguenza esse, probabilmente, non sono state attratte dall'argomento in esame.

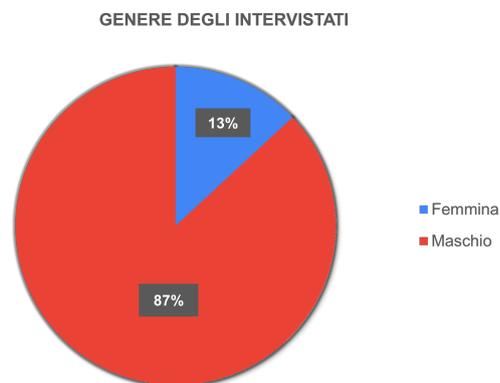


Figura 4.7: Divisione degli intervistati in base al genere. Elaborazione personale (Excel).

In merito alle fasce d'età (Figura 4.8), si considera un campione di soli maggiorenni, poiché il numero di minorenni che hanno partecipato all'indagine è di fatto trascurabile e inferiore all'1% del totale delle risposte ottenute. Nel complesso, spicca la fascia 31/45 anni, comprendente più di tre rispondenti su dieci. Da prendere in considerazione per future valutazioni è, inoltre, il gruppo di giovani rientrante nella fascia 18/30 anni, i quali potrebbero essere attratti da alternative di trasporto volte al rispetto dell'ambiente e alle novità. In molti, fra coloro appartenenti a tale categoria e con i quali ho potuto confrontarmi, hanno infatti manifestato sorpresa e interesse verso un servizio di cui non erano nemmeno a conoscenza.

In generale si può dire che, dal punto di vista dell'età le risposte sono molto eterogenee, fattore positivo in quanto è così possibile osservare il comportamento di soggetti diversi con esigenze diverse.



Figura 4.8: Divisione degli intervistati in base all'età. Elaborazione personale (Excel).

Approcciandoci al tema della mobilità, in Figura 4.9 si riportano le principali motivazioni che spingono gli intervistati a compiere uno spostamento a lunga distanza.

Si osservi che tali risultati sono in linea con quanto diffuso da ISTAT in merito, con una netta preponderanza di viaggi compiuti per motivi di svago e solo una parte modesta relativa ai viaggi di lavoro. Una fetta di viaggiatori tendenzialmente messa in secondo piano è invece quella di coloro che viaggiano per motivi famigliari o legati allo studio. Tale tendenza è piuttosto diffusa in Italia, a causa dei forti flussi da sud verso nord, e potrebbe dunque incentivare l'utilizzo dell'alternativa di trasporto in esame. Di conseguenza, sono state individuate tre macro-categorie al fine di individuare tre tipi di viaggiatori:

- motivi di svago, ad esempio per una vacanza o un evento;
- motivi di studio o lavoro;
- motivi famigliari, ad esempio per far visita a parenti residenti in altre Regioni.

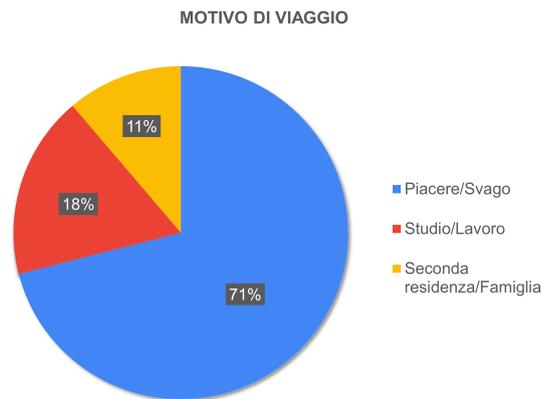


Figura 4.9: Suddivisione dei rispondenti in base ai motivi di viaggio. Elaborazione personale (Excel).

Proseguendo, si sottolinea che quasi tutti hanno risposto di possedere la patente e di avere a disposizione un'auto (Figure 4.10 e 4.11). Il risultato non sorprende, in quanto è nota la propensione al mezzo privato degli italiani per spostamenti quotidiani e non. Come esposto anche nel questionario infatti, il mezzo privato viene premiato per la sua flessibilità, per la sua capillarità e per la maggiore privacy che è in grado di dare ai viaggiatori.

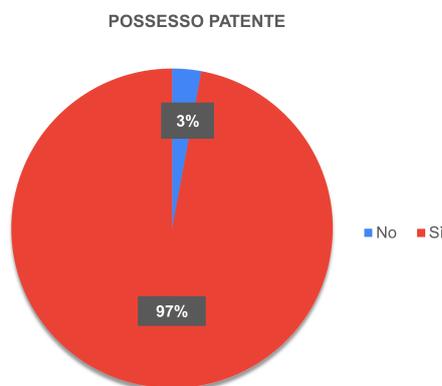


Figura 4.10: Suddivisione dei rispondenti in base al possesso della patente di guida. Elaborazione personale (Excel).

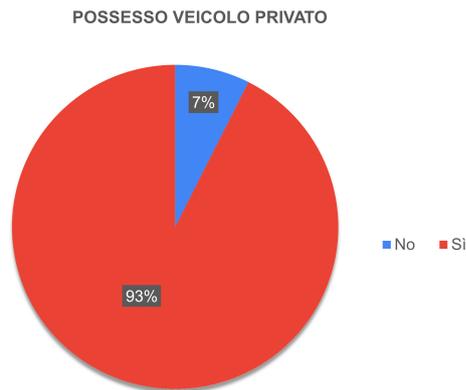


Figura 4.11: Suddivisione dei rispondenti in base al possesso di un veicolo. Elaborazione personale (Excel).

Tale tendenza però viene meno se le distanze iniziano ad aumentare in maniera consistente. Ricordando, infatti, che stiamo ragionando su distanze piuttosto consistenti, nell'ordine dei 1000 km, alla domanda relativa alle modalità di spostamento preferite è emersa una netta preponderanza del treno rispetto alle altre modalità (Figure 4.12).

Inizialmente, ho attribuito tale risultato, piuttosto anomalo, alla presenza, tra i rispondenti, di alcuni appassionati del mondo ferroviario entrati nel questionario realizzato dopo aver letto l'articolo online a riguardo. Come evidenziato da un'analisi più approfondita condotta sui dati raccolti, ho ritenuto necessario eliminare alcune risposte, esplicitamente a favore del treno, in quanto del tutto non razionali. Occorre evidenziare, dunque, un *bias* indubbiamente presente all'interno del campione analizzato. Nonostante ciò, però, la tendenza dimostrata è chiara e le modifiche apportate non hanno stravolto l'andamento complessivo dei risultati.

Sorprende, soprattutto, la rilevanza di fatto trascurabile dell'autobus, con sole quattro risposte a favore, che giustifica in tal caso la scelta di rinunciare a quest'alternativa per lo studio in esame (si veda 3.3.1), preferendolo magari per spostamenti più brevi o per differenti esigenze. Concentrandosi, infine, sulle caratteristiche del trasporto ferroviario notturno e su quelle del trasporto veicoli al seguito, sono emersi numerosi spunti interessanti, i quali permettono di orientarsi e capire quali siano le principali criticità da analizzare e i principali punti di forza su cui fare leva per avere una buona risposta da parte dell'utenza. Tali aspetti sono propedeutici a quanto verrà trattato in maniera più puntuale nella seconda parte del questionario, quando si analizzeranno i risultati relativi alla scelta modale vera e propria.

MEZZO DI TRASPORTO PREFERITO PER SPOSTAMENTI A LUNGA DISTANZA

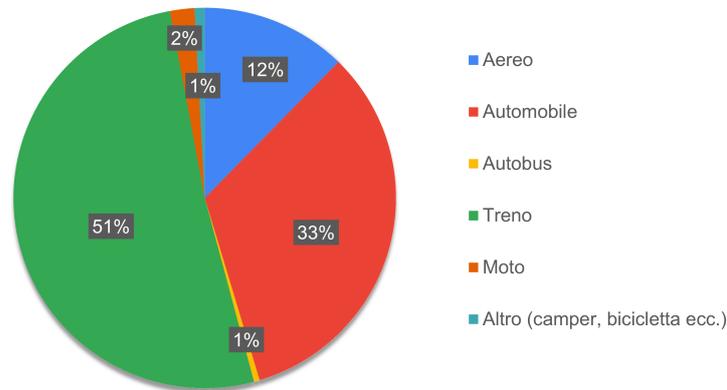


Figura 4.12: Suddivisione dei rispondenti in base alla modalità di trasporto preferita. Elaborazione personale (Excel).

Da quanto riportato nelle Figure 4.13, 4.14 e 4.15, emergono i seguenti aspetti:

- uno dei principali aspetti d'interesse del servizio in esame è la possibilità di risparmiare sull'alloggio viaggiando di notte e arrivando a destinazione al mattino;
- la voce "Condivisione spazi" è la prima in ordine di numerosità di rispondenti per quanto riguarda le criticità del treno notturno. Questo rappresenta un punto sul quale riflettere maggiormente per quanto riguarda la progettazione degli spazi interni alle vetture letto;
- la principale criticità relativa al servizio di carico veicoli è legata ai costi, in virtù soprattutto della non competitività del programma negli ultimi anni di attività in Italia. Ciò giustifica la necessità di dedicare, in fase di costruzione del modello di analisi della domanda, un attributo legato ai soli costi di carico del mezzo;

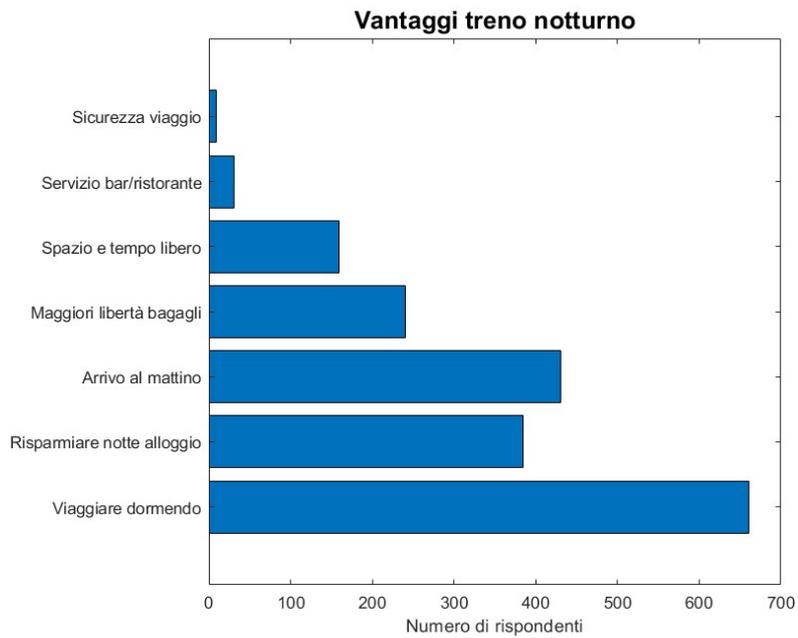


Figura 4.13: Vantaggi di un servizio ferroviario notturno secondo i rispondenti. Elaborazione personale (MATLAB).

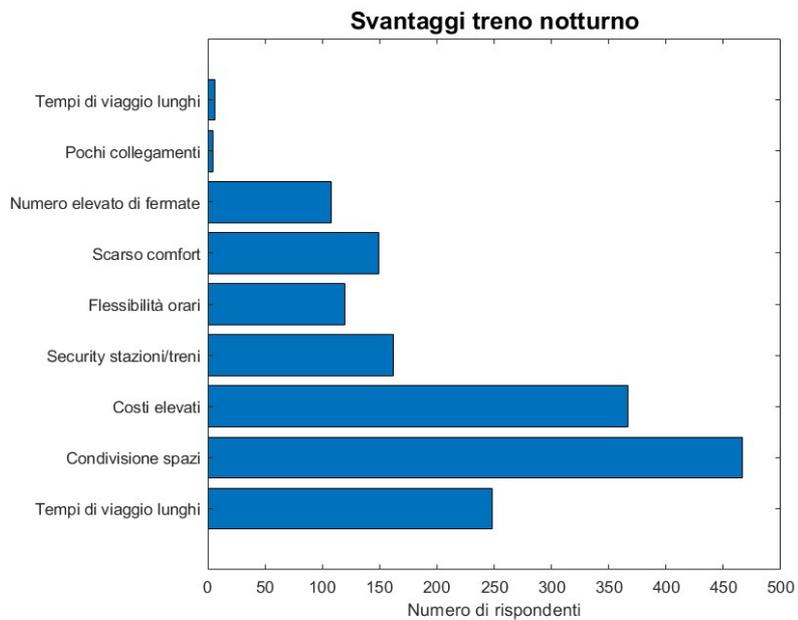


Figura 4.14: Svantaggi di un servizio ferroviario notturno secondo i rispondenti. Elaborazione personale (MATLAB).

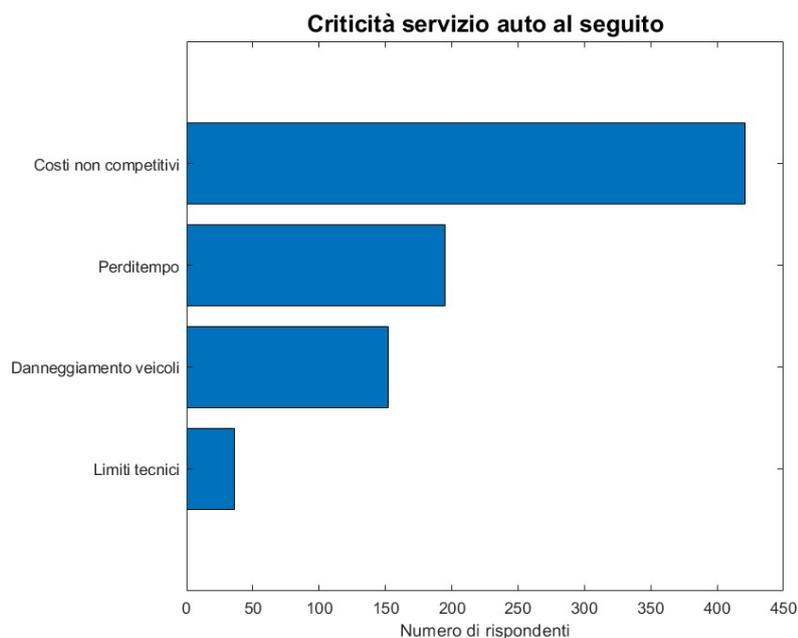


Figura 4.15: Maggiori criticità di un servizio auto al seguito secondo i rispondenti. Elaborazione personale (MATLAB).

In ultimo, è opportuno evidenziare come la maggior parte degli intervistati sia propensa a modificare le proprie abitudini di viaggio verso soluzioni a minore impatto ambientale (Figura 4.16). L'interesse verso il programma auto al seguito è stato nel complesso sorprendente. Limitatamente all'indagine da me condotta, più di nove intervistati su dieci hanno mostrato curiosità verso la reintroduzione di questa forma di trasporto (Figura 4.17), a dimostrazione che, se ben pianificato, il servizio avrebbe modo di attirare un numero consistente di viaggiatori.

A conclusione di questa prima parte posso dunque ritenermi soddisfatto dei risultati ottenuti. La risposta da parte dei rispondenti è stata eccellente e il grande quantitativo di informazioni raccolte mi ha dato ulteriori stimoli per poter continuare lo studio. Prima però di procedere con la seconda parte del questionario, ovvero la sezione relativa alla scelta modale, vorrei approfondire il discorso incentrato sul tipo di utenza interessata al servizio definendo quantitativamente le caratteristiche del potenziale viaggiatore medio interessato a quanto proposto.

PROPENSIONE VERSO SOLUZIONI A MINORE IMPATTO AMBIENTALE

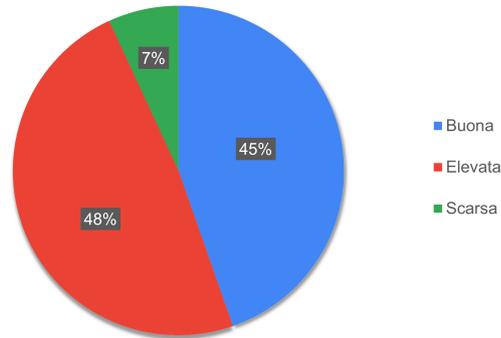


Figura 4.16: Suddivisione dei rispondenti in base alla loro propensione a nuove forme di trasporto maggiormente sostenibili. Elaborazione personale (Excel).

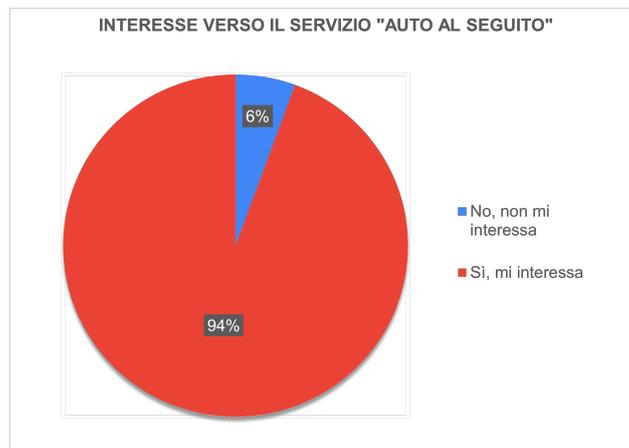


Figura 4.17: Interesse dei rispondenti verso un servizio auto al seguito. Elaborazione personale (Excel).

#### 4.3.4 Profilo dell'utente tipo

Fin dalle prime battute dello studio, mi sono posto due domande fondamentali, ovvero:

- *In che misura le variabili socio demografiche influenzano la scelta modale?*
- *È possibile individuare un identikit del potenziale utente medio interessato?*

Con questi quesiti ho voluto porre in evidenza quali caratteri influenzano la propensione, e dunque la probabilità, che un intervistato decida di usufruire del servizio di trasporto auto al seguito, affinché la soluzione di trasporto possa essere oggetto di studi più avanzati anche a livello turistico e commerciale.

Un'analisi di questo tipo, infatti, potrebbe avere diversi risvolti:

- potrebbe aiutare gli operatori turistici locali a sviluppare pacchetti di viaggio più attraenti e personalizzati, comprendenti ad esempio viaggio in treno e pernottamento a destinazione, o tour delle mete turistiche più apprezzate in una determinata area;
- potrebbe essere di supporto alle imprese ferroviarie al fine di proporre tariffe agevolate per determinate categorie di viaggiatori, come ad esempio nuclei famigliari.

A tal fine, però, è necessario conoscere il tipo di utenza che si vuole andare ad intercettare, in termini di età, sesso, reddito, formazione ed altre caratteristiche. Bisogna dunque condurre una *profilazione* degli utenti.

Vorrei partire, dunque, da alcune considerazioni che, a mio parere, risultano significative in termini di scelta modale per spostamenti a lunga percorrenza, ad esempio:

- è facile ipotizzare che, all'aumentare della disponibilità economica dei viaggiatori ("Reddito"), questi si spostino verso alternative più veloci come l'aereo, anche se più costose;
- lo stesso vale per il motivo del viaggio, poiché una clientela *business* attribuirà al tempo di viaggio un costo differente rispetto ad una clientela *leisure*;
- l'età potrebbe incidere, in quanto all'aumentare di essa ci si aspetta che cali la tendenza all'utilizzo del mezzo privato e si vada alla ricerca di maggiori comodità.

Per dare una risposta a ciò, i dati ricavati dall'indagine diffusa online sono stati elaborati applicando un modello di *regressione logistica* su Excel.

La regressione logistica è un tipo di analisi statistica utilizzato per esaminare la relazione tra una variabile binaria (variabile dipendente) e una o più variabili indipendenti. La variabile dipendente può assumere solo due valori, quello desiderato (1) o quello indesiderato (0). Inoltre, i modelli di regressione logistica possono essere utilizzati per esaminare la relazione tra una variabile continua e una o più variabili indipendenti attraverso l'uso di appositi metodi di categorizzazione.

Tale strumento statistico viene utilizzato per determinare la probabilità che un evento accada, mostrando quale relazione intercorre tra una o più caratteristiche e calcolando la probabilità di un certo risultato sulla base di una funzione di regressione logistica:

$$Y = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_n * X_n + \epsilon \quad (4.11)$$

$$p = \frac{1}{1 + e^{-Y}} + \epsilon \quad (4.12)$$

L'impiego della tecnica di regressione logistica mi ha permesso di trovare le relazioni tra più fattori di dati in modo tale da individuare quali sono quelli più influenti e porre le basi per successive valutazioni in termini di ricerca del tipo di utente maggiormente propenso ad usufruire del servizio.

Per procedere con l'analisi, è stato prima considerato uno specifico gruppo di riferimento. In particolare si è tenuto conto di:

- PROPENSIONE VERSO L'UTILIZZO DELL'AUTO PRIVATA;
- FASCIA D'ETÀ: si è preso in considerazione il gruppo più numeroso ovvero quello comprendente gli intervistati di età compresa tra i 31 e i 45 anni;
- TITOLO DI STUDIO: il gruppo di riferimento comprende solo coloro che hanno un'istruzione non superiore al diploma;
- REDDITO: si considera il gruppo più numeroso, ovvero quello composto da rispondenti i quali hanno dichiarato un reddito "Medio";
- TIPO DI VIAGGIO: sono stati presi come riferimento coloro che viaggiano da soli per motivi di piacere/svago;
- PROPENSIONE VERSO UN VIAGGIO PIÙ SOSTENIBILE: si considera nel gruppo di riferimento chi ha una propensione buona o elevata verso alternative di trasporto più vicine all'ambiente.

Tramite un processo di massimizzazione della funzione di log-verosimiglianza, si è passati alla stima dei coefficienti definenti la funzione del modello di regressione logistica. I risultati ottenuti (Tabella 4.6) hanno rispettato le ipotesi iniziali e mi hanno portato alle seguenti conclusioni:

- gli abituali viaggiatori in auto sarebbero più propensi ad usufruire del servizio "auto al seguito". Si suppone che tale risultato sia legato alla combinazione dei benefici derivanti dall'utilizzo integrato delle tue alternative di trasporto;
- un'elevata istruzione favorisce ulteriormente tale scelta;
- emerge una maggiore propensione all'alternativa in esame per quanto riguarda la fascia d'età 31/45 anni (e superiori). Ciò potrebbe essere legato alla maggiore disponibilità economica di questi rispetto, ad esempio, alle fasce d'età più giovani. Si fa presente inoltre che il treno risulta appetibile anche ai viaggiatori in fascia d'età più avanzata in quanto maggiormente sollecitati dalla stanchezza causata da lunghe ore di guida;
- il fattore "Reddito", risulta quasi ininfluenza, in quanto il suo coefficiente risulta positivo ma tendente allo zero;

- spostarsi per motivi di piacere o svago favorisce la propensione verso questa modalità di trasporto rispetto a motivi di lavoro, probabilmente perché, tipicamente, la seconda categoria di spostamenti comporta durate inferiori del soggiorno e un differente costo associato al tempo di viaggio. Tuttavia, i dati dimostrano una rilevanza di questo fattore meno netta del previsto;
- per i nuclei composti da una sola persona (single) si riduce la propensione ad un viaggio di questo tipo se confrontata con quella relativa alle altre tipologie considerate, ovvero coppie con o senza figli. Ciò è legato probabilmente al costo eccessivo che un singolo viaggiatore dovrebbe considerare per un biglietto auto + treno, spesa che, invece, verrebbe divisa nel caso ci fossero più passeggeri per uno stesso veicolo;
- l'influenza più netta è esercitata da una maggiore propensione dei viaggiatori verso alternative di trasporto più sostenibili.

Per avere un'idea più chiara dei risultati ottenuti e facilitare l'interpretazione, si è poi passato dalla definizione di semplici coefficienti a quella di Odds Ratio, o Rapporti Crociati, i quali non sono altro che l'esponenziazione dei beta stimati. L'OR rappresenta, dunque, le probabilità del verificarsi di un risultato dato uno specifico evento, rispetto alle probabilità del verificarsi del risultato in assenza di tale evento.

- un OR maggiore di 1 indicherà un evento associato a una probabilità più elevata di generare uno specifico risultato;
- un OR minore di 1, sarà associato a una probabilità più bassa del verificarsi di tale risultato;
- un OR pari a 1 è legato ad un coefficiente  $\beta_i$  nullo o molto vicino allo zero, dunque la variabile è ininfluenta.

In altre parole, gli Odds Ratio consentono di valutare di quante volte la propensione ad effettuare un viaggio usufruendo del servizio auto al seguito su treni notturni, valutata rispetto ad ognuna delle caratteristiche considerate, aumenta o diminuisce rispetto al gruppo di riferimento.

Le variabili per cui si registra il maggior valore di OR sono:

- Propensione all'utilizzo dell'auto;
- Propensione verso alternative di trasporto più sostenibili.

Dunque, avere una certa preferenza verso alternative più sostenibili aumenta di quasi quattro volte la propensione ad usufruire del servizio offerto rispetto a chi non è attratto da tali mezzi. Lo stesso si può dire per coloro che sono soliti compiere lunghi viaggi, per necessità o scelta, in auto, con una propensione più che doppia verso questo modo di trasporto (Tabella 4.6). A tal proposito si ribadisce nuovamente che questa considerazione è basata sulle sole risposte relative al trasporto del mezzo privato sul treno.

Fattori	Coefficienti $\beta$	Odds Ratio
Propensione Auto	0,861	2,366
Età 31/45 anni	0,805	2,236
Istruzione (Diploma)	-0,331	0,718
Reddito medio	-0,014	0,986
Motivo di viaggio ( <i>leisure</i> )	0,289	1,335
Famiglia (single)	-0,947	0,388
Propensione <i>green</i>	1,323	3,753

Tabella 4.6: Coefficienti  $\beta_i$  e relativi Odds Ratio ottenuti tramite regressione logistica

A valle di questa analisi, si può dunque individuare il tipo di viaggiatore potenzialmente interessato alla reintroduzione del servizio di trasporto auto su treni notturni passeggeri sulla base della rilevanza dei singoli attributi. Le principali caratteristiche sono:

- rispettoso dell'ambiente, favorevole a modi di spostamento più sostenibili e con un grado di istruzione elevato;
- età superiore ai 30 anni, maggiore propensione per la fascia d'età 31/45 anni. C'è da evidenziare, però, un forte interesse da parte dei giovani verso il treno, con circa 6 rispondenti su 10 ad aver definito quest'ultimo come il mezzo preferito per compiere lunghi spostamenti. L'ampliamento dell'offerta di treni notturni potrebbe sicuramente interessare anche questa fascia d'età, indipendentemente o meno dalla possibilità di carico del veicolo privato;
- interessato a viaggi legati a motivi di piacere o svago (vacanze, visite a parenti ecc.);
- tipicamente in viaggio in coppia o in famiglia.

## 4.4 Analisi di scelta modale

L'ultima parte del questionario, come già anticipato, è finalizzata alla compilazione dei blocchi contenenti ciascuno sei scenari di scelta modale.

Una volta chiusa l'indagine, ho verificato che la distribuzione delle risposte fosse il più possibile omogenea per entrambe le ramificazioni. Ricordando che le modalità di indirizzamento agli scenari sono state già espresse in maniera dettagliata in 4.3.1, la suddivisione è stata possibile grazie alla seguente strategia:

- Per quanto riguarda gli scenari comprendenti la soluzione "auto + treno", si è andati a controllare le risposte alle domande direzionali relative al mese di nascita e alle successiva scelta casuale di una lettera fra quelle proposte (C;F;H;P), come presentato in Tabella 4.7;

- Per quanto riguarda gli scenari *non* comprendenti l'alternativa menzionata, si è andati a controllare le risposte relative alla sola scelta casuale di una lettera fra quelle presentate (C;F;H;P;U;Z), in Tabella 4.8.

Si fa presente che, in entrambi i casi, le opzioni scelte sono state estrapolate da un generatore randomizzato di lettere online, al fine di non influenzare in alcun modo la scelta degli intervistati verso una delle opzioni proposte.

Andando a sottrarre le risposte scartate al totale di quelle ottenute otteniamo i seguenti risultati:

- Su 821 risposte totali ne sono state scartate **108**. Nel complesso la percentuale di risposte scartate è più rilevante di quanto inizialmente preventivato. Le cause sono da ricercare in:
  - una scarsa attenzione in fase di compilazione da parte dei rispondenti;
  - una non completa razionalità di alcune risposte registrate;
- Per quanto riguarda la ramificazione comprendente l'alternativa "auto + treno", sono state raccolte 392 risposte, di cui 17 scartate;
- Per quanto riguarda la ramificazione comprendente le due alternative relative all'aereo, sono state raccolte 429 risposte e se ne sono scartate 91.
- In totale, verranno considerate **713 risposte**.

Mesi	C	F	H	P	TOT.
Gennaio	8	4	5	6	23
Febbraio	6	11	3	3	23
Marzo	16	3	7	1	27
Aprile	8	9	9	2	28
Maggio	16	15	14	5	50
Giugno	14	13	9	5	41
Luglio	11	17	5	6	39
Agosto	9	4	15	8	36
Settembre	8	9	5	3	25
Ottobre	11	13	2	4	30
Novembre	6	5	8	7	26
Dicembre	7	12	5	3	27
TOT.	120	125	87	53	375

Tabella 4.7: Numero di rispondenti al questionario. Ramificazione comprendente l'alternativa "auto + treno".

Lettere	C	F	H	P	U	Z
<b>TOT.</b>	44	53	96	93	28	24

Tabella 4.8: Numero di rispondenti al questionario. Ramificazione *non* comprendente l'alternativa "auto + treno".

Dalle tabelle presentate emerge un numero di risposte per ogni mese piuttosto omogeneo, con un minimo di 23 risposte e un massimo di 50, con una media di circa 31 risposte per ogni mese. Più variegata è la distribuzione delle risposte in funzione della lettera scelta.

Inoltre, si noti che:

- in Tabella 4.7, le prime due lettere (C ed F) presentano un numero di risposte nettamente più elevato rispetto alle lettere H e P;
- in Tabella 4.8 vi è una netta differenza fra le risposte legate alle lettere H e P e quelle relative alle altre lettere.

Questo elemento però non influenza la bontà del modello in quanto l'elevato numero di risposte ottenute mi permette di ricoprire accuratamente tutte le casistiche.

Nel complesso, dunque, i dati risultano molto incoraggianti e rappresentano, come già anticipato, un buon inizio per lo svolgimento del processo vero e proprio di calibrazione dei coefficienti.

#### 4.4.1 Calibrazione dei parametri

I dati raccolti ed opportunamente organizzati sono stati dunque utilizzati per la stima dei parametri del modello di scelta modale. Da un rapido esame delle risposte è emerso a colpo d'occhio che, a parità di attributi legati alle alternative "Auto privata" ed "Aereo", molti rispondenti hanno optato per un cambio di scelta verso l'alternativa "Treno notturno" all'aumentare del livello di comfort offerto a bordo. Ciò è particolarmente significativo in quanto fa capire come, mentre i tempi e i costi di viaggio siano visti come disutilità, l'effetto del comfort è, invece, positivo: all'aumentare di esso aumenta la probabilità di scelta.

Questo comporta che, mentre per gli attributi di costo e tempo ci si aspetta di ottenere dei coefficienti di segno negativo, i parametri di comfort saranno invece di segno positivo. Resta da decifrare, inoltre, il rapporto che intercorre tra un livello di comfort elevato ed un elevato tempo di viaggio, in quanto, visto il tipo di spostamento in esame, è possibile che si giunga a conclusioni apparentemente irrazionali. I viaggiatori, infatti, potrebbero attribuire pesi diversi ai tempi di viaggio a seconda dei servizi aggiuntivi offerti dalle singole alternative modali, in altre parole, un minuto di viaggio in auto ed uno in aereo al mattino presto potrebbero avere una rilevanza differente.

Al fine di realizzare un corretto processo di calibrazione, i dati relativi agli attributi in esame sono stati codificati all'interno di un foglio Excel appositamente preparato. I valori codificati degli attributi sono stati raccolti nelle Tabelle 4.9 e 4.10.

<b>Attributi</b>	<b>Livello</b>	<b>Lv. codificato</b>
Costo di viaggio auto	200 €	2
	250 €	2,5
Tempo di viaggio auto	10:00 h	1
	11:30 h	1,15
Costo di viaggio treno	40 €	0,4
	80 €	0,8
	160 €	1,6
Tempo di viaggio treno	12:45 h	1,275
	14:45 h	1,475
Costo carico veicolo	90 €	0,9
	150 €	1,5
Comfort di viaggio treno [-]	*	1
	***	2
	*****	3
Costo di viaggio aereo	70 €	0,7
	85 €	0,85
Tempo di viaggio aereo	04:30 h	0,45

Tabella 4.9: Livelli di variazione degli attributi e relativi valori codificati (scenari con auto al seguito).

<b>Attributi</b>	<b>Livello</b>	<b>Lv. codificato</b>
Costo di viaggio treno	40 €	0,4
	80 €	0,8
	160 €	1,6
Tempo di viaggio treno	11:15 h	1,125
	13:15 h	1,325
Comfort di viaggio treno [-]	*	1
	***	2
	*****	3
Costo di viaggio aereo (mattina)	70 €	0,7
	85 €	0,85
Tempo di viaggio aereo (mattina)	04:30 h	0,45
Costo di viaggio aereo (sera)	120 €	1,20
	135 €	1,35
Tempo di viaggio aereo (sera)	04:30 h	0,45

Tabella 4.10: Livelli di variazione degli attributi e relativi valori codificati (scenari senza auto al seguito).

Tramite il componente aggiuntivo Risolutore di Excel, ho massimizzato la funzione di log-verosimiglianza. Il processo, dopo alcune iterazioni e correzioni, ha portato a dei valori pari a circa **-2213** e **-1668** rispettivamente per gli scenari comprendenti e non il trasporto dell'auto al seguito.

I relativi valori dei coefficienti  $\alpha_i$  sono riassunti nelle Tabelle 4.11e 4.12:

<b>Incognita</b>	<b>Valore calibrato</b>
$\alpha_{C_{au}}$	-0,167
$\alpha_{T_{au}}$	0,000
$\alpha_{C_t}$	-1,493
$\alpha_{T_t}$	-0,523
$\alpha_{COM_t}$	1,063
$\alpha_{CV_t}$	-0,362
$\alpha_{C_a}$	-0,531
$\alpha_{T_a}$	0,000

Tabella 4.11: Valori calcolati con il criterio della verosimiglianza per i soli scenari comprendenti l'alternativa "Auto + Treno".

Incognita	Valore calibrato
$\alpha_{C_t}$	-2,032
$\alpha_{T_t}$	-0,760
$\alpha_{COM_t}$	0,937
$\alpha_{C_{am}}$	-1,133
$\alpha_{T_{am}}$	0,000
$\alpha_{C_{as}}$	-1,892
$\alpha_{T_{as}}$	0,000

Tabella 4.12: Valori calcolati con il criterio della verosimiglianza per i soli scenari non comprendenti l'alternativa "Auto + Treno".

Prima di passare alla verifica dei parametri ottenuti, ho realizzato un rapido controllo per valutare la bontà dei risultati ottenuti andando a confrontare le scelte effettuate dal modello con quelle date dagli utenti per ogni singolo scenario.

Ho dunque individuato un parametro volto a quantificare l'adesione del modello alla realtà. Esso definisce, dunque la percentuale di risposte equivalenti tra modello e utenti. I risultati sono stati piuttosto incoraggianti:

- per la ramificazione comprendente l'alternativa "auto + treno" si è raggiunta una corrispondenza del 65%;
- per l'altro gruppo di scenari, si è ottenuta un'adesione alle risposte pari al 92%.

#### 4.4.2 Verifiche

Sebbene i valori ottenuti dal modello siano piuttosto attendibili, ho dovuto condurre delle verifiche di attendibilità per certificare la bontà dei risultati esposti nel Paragrafo precedente.

Tale obiettivo può essere raggiunto mediante due tipi differenti di verifiche, una qualitativa ed una quantitativa:

- VERIFICHE INFORMALI: si basano puramente sull'analisi dei valori e su un'attendibilità di massima degli stessi;
- VERIFICHE FORMALI: si fondano su processi analitici che permettono di giudicare quantitativamente la bontà dei risultati.

In primis, è stata fatta un'analisi dei segni dei coefficienti, ricordando quanto già detto in 4.4.1. Mi aspettavo, infatti, dei coefficienti quasi tutti negativi, e così è stato. Ciò testimonia che, eccezion fatta per il Comfort il quale rappresenta un'*utilità*, gli altri attributi vengono tutti visti come *disutilità* e pertanto al loro aumentare diminuisce la rispettiva probabilità di scelta.

Occorre però fare delle considerazioni in merito agli attributi posti pari a zero:

- nel caso degli attributi  $T_a, T_{am}$  e  $T_{as}$ , questa scelta è stata obbligata in quanto tali fattori sono stati ritenuti ininfluenti ai fini della scelta modale. Ho preferito, infatti, considerare un solo livello di variazione per semplificare la costruzione dell'indagine in quanto, viste le distanze considerate, i tempi di viaggio sono pressoché identici indipendentemente dai centri di origine e destinazione considerati.
- per quanto riguarda, invece, il parametro  $\alpha_{T_{au}}$  ho a rigore ottenuto un valore positivo ma molto vicino allo zero. Essendo il tempo una disutilità, ho ritenuto irrealistico accettare un coefficiente secondo il quale all'aumentare del tempo di viaggio crescerebbe anche la percentuale di utenti volta a scegliere il mezzo privato per i propri spostamenti, di conseguenza è stato posto arbitrariamente pari a zero;

In merito al secondo punto, occorre però considerare che questa valutazione non è del tutto errata in quanto faccio nuovamente presente che sto considerando degli spostamenti occasionali a lunga distanza e, dunque, possono sorgere situazioni apparentemente irrazionali ma tipiche del contesto in esame. Come ho avuto modo di appurare dialogando con alcuni dei rispondenti coinvolti nel questionario, infatti, la necessità di dover disporre di un'auto per questione relative, ad esempio, al trasporto dei bagagli, alla presenza di bambini piccoli con sé o alla necessità di disporre di un mezzo per compiere spostamenti interni una volta raggiunta la destinazione, porta i viaggiatori a percorrere lunghe distanze in auto, senza tener conto del tempo di viaggio necessario.

Successivamente, ho valutato i coefficienti in base al loro valore assoluto, infatti più esso è grande, e dunque più i coefficienti si allontanano dal valore nullo, più l'attributo a cui fa riferimento assume importanza. I risultati sono di seguito sintetizzati:

- è evidente la grande rilevanza del comfort di viaggio a bordo del treno. Esso, infatti, si è rivelato essere l'elemento fondamentale sul quale puntare per poter spostare una significativa percentuale di viaggiatori dal mezzo privato/aereo al treno.
- lo stesso si può dire per quanto riguarda l'attributo  $C_t$ , questo perché i viaggiatori non sono disposti a spendere cifre considerevoli per tale alternativa, a meno di avere a disposizione servizi a bordo di livello superiore.
- osservando, inoltre, la Tabella 4.12, si nota che, per questo gruppo di scenari, i costi di viaggio assumono una rilevanza notevole per tutte e tre le alternative. Ciò è, a mio parere, legato al fatto che i rispondenti sono stati messi nella condizione di effettuare le proprie scelte in relazione ad un soggiorno di breve durata, per il quale, dunque, diventa più incisivo il dover ammortizzare i costi di viaggio in un periodo di tempo ridotto, anche a costo di viaggiare in una classe di servizio più bassa. I coefficienti relativi, infatti, sono tutti minori di -1, con  $\alpha_{C_t}$  di poco inferiore a -2.

Quanto detto finora in merito alle caratteristiche dei coefficienti ottenuti può essere sintetizzato nelle seguenti tabelle:

	<b>Aspettativa</b>	<b>Segno atteso</b>	<b>Segno ottenuto</b>	<b>Rilevanza</b>
$\alpha_{T_{au}}$	↑ Tempo, ↑ Disutilità	-	0	Nulla
$\alpha_{T_t}$	↑ Tempo, ↑ Disutilità	-	-	Media
$\alpha_{T_a}$	↑ Tempo, ↑ Disutilità	0	0	Nulla
$\alpha_{C_{au}}$	↑ Costo, ↑ Disutilità	-	-	Bassa
$\alpha_{C_t}$	↑ Costo, ↑ Disutilità	-	-	Alta
$\alpha_{CV_t}$	↑ Costo, ↑ Disutilità	-	-	Bassa
$\alpha_{C_a}$	↑ Costo, ↑ Disutilità	-	-	Media
$\alpha_{COM_t}$	↑ Comfort, ↑ Utilità	+	+	Alta

Tabella 4.13: Confronto tra segni attesi e segni ottenuti per i singoli coefficienti ricavati per la ramificazione comprendente la scelta "Auto + Treno".

	<b>Aspettativa</b>	<b>Segno atteso</b>	<b>Segno ottenuto</b>	<b>Rilevanza</b>
$\alpha_{T_t}$	↑ Tempo, ↑ Disutilità	-	-	Media
$\alpha_{T_{am}}$	↑ Tempo, ↑ Disutilità	0	0	Nulla
$\alpha_{T_{as}}$	↑ Tempo, ↑ Disutilità	0	0	Nulla
$\alpha_{C_t}$	↑ Costo, ↑ Disutilità	-	-	Alta
$\alpha_{C_{am}}$	↑ Costo, ↑ Disutilità	-	-	Alta
$\alpha_{C_{as}}$	↑ Costo, ↑ Disutilità	-	-	Alta
$\alpha_{COM_t}$	↑ Comfort, ↑ Utilità	+	+	Media

Tabella 4.14: Confronto tra segni attesi e segni ottenuti per i singoli coefficienti ricavati per la ramificazione non comprendente la scelta "Auto + Treno".

Per quanto riguarda le verifiche formali, mi sono concentrato su due tipi di test presentati da Maja [49]:

- test di  $\rho^2$  (o pseudo  $R^2$ );
- test di t.

La prima di questa si fonda sul significato del coefficiente di determinazione  $R^2$ , il quale può essere applicato come misura per la bontà dell'adattamento nel caso in cui si stia considerando una regressione lineare. In caso contrario, McFadden ha proposto un criterio analogo, basato sulla definizione di un termine detto  $\rho^2$ , compreso tra 0 e 1 e calcolato come:

$$\rho^2 = 1 - \frac{l(\alpha)}{l(0)} \quad (4.13)$$

in cui:

- $l(\alpha)$  rappresenta il valore della funzione di log-verosimiglianza massimizzata con i coefficienti ricavati precedentemente;
- $l(0)$  rappresenta il valore della funzione di verosimiglianza in cui i coefficienti sono tutti nulli.

Un risultato pari a zero andrebbe ad identificare un modello con capacità esplicativa nulla, al contrario, un risultato pari a uno corrisponderebbe ad un modello totalmente compatibile con le scelte osservate nella realtà. Secondo lo stesso McFadden, i valori ottimali sarebbero da considerare come compresi tra 0,2 e 0,4.

I risultati ottenuti sono riassunti sinteticamente in Tabella 4.15:

Modello	$l(\alpha)$	$l(0)$	$\rho^2$
Auto + Treno	-2213	-2470	0,115
Solo Treno	-1668	-2228	0,251

Tabella 4.15: Test di  $\rho^2$  eseguito su entrambi i modelli.

Come si può osservare, nel primo caso non è stato ottenuto un valore soddisfacente. Ciò è dovuto:

- ai coefficienti  $\alpha_{T_{au}}$  e  $\alpha_{T_a}$  posti pari a zero;
- alle risposte ricevute che, evidentemente, non sono state adeguatamente accurate per ottenere un risultato preciso;
- alle complicazioni legate all'analisi di un attributo difficilmente quantificabile come il comfort. I valori individuati per descriverlo sono stati infatti scelti a seguito di numerose iterazioni volte a comprendere in quale modo la caratterizzazione di questo attributo potesse distorcere il meno possibile i risultati ottenuti, trasmettendo però al contempo la maggiore rilevanza di un livello di comfort premium rispetto ad uno base. Sebbene i risultati ottenuti siano accettabili, è evidente che tale attributo abbia giocato un ruolo chiave nella definizione dei coefficienti ottenuti dalla calibrazione.

Se a ciò sommiamo poi le numerose esigenze nascoste di ogni singolo viaggiatore, le quali non possono essere colte tramite un modello esemplificativo, si comprende l'intrinseca difficoltà dell'analisi.

La verifica in precedenza esposta, però, consente solo di valutare la bontà generale del modello, senza nulla dire in merito alle singole variabili. Considerati, inoltre, i risultati ottenuti, si può pensare di affinare l'analisi per valutare quale delle variabili in gioco risulta essere la più critica ai fini della corretta fedeltà del modello alle risposte degli utenti. Per questo motivo sarebbe opportuno svolgere anche ad un secondo controllo mediante *Test della t di Student*.

Nello specifico, si considera il Test dell'ipotesi nulla, il quale consiste nella verifica che, posto un coefficiente pari a zero ( $H_0 = 0$ ), la stima ottenuta mediante massimizzazione della funzione di log-verosimiglianza sia diversa da zero per effetto di errori campionari. La  $t$  rappresenta l'intervallo di confidenza di un singolo parametro ed è calcolabile come:

$$t = \frac{\alpha_k^{ML}}{\sqrt{Var[\alpha_k^{ML}]}} \quad (4.14)$$

Si ricorda che è possibile calcolare la varianza tramite proprietà della matrice Hessiana, secondo cui vi è corrispondenza asintotica tra la matrice inversa cambiata di segno dell' Hessiana della funzione di massima verosimiglianza, calcolata nel punto di massimo, e la matrice di dispersione dell'estimatore di massima verosimiglianza  $\Sigma$ . In formule:

$$\Sigma = -[H]_{\alpha^M L}^{-1} \quad (4.15)$$

Il calcolo analitico dell'Hessiana è il seguente:

$$H = \frac{\partial^2 l(\alpha)}{\partial \alpha \partial \alpha^T} \quad (4.16)$$

## 4.5 Riepilogo

In questo Capitolo è stato trattato l'intero processo di costruzione e calibrazione del modello, partendo dalla formulazione del numero di scenari previsti e impostando passo dopo passo l'indagine SP tramite un questionario volto a raccogliere le risposte degli utenti in termini di scelta modale.

I principali risultati ottenuti sono di seguito elencati.

- Dopo una serie di progressive modifiche e semplificazioni, ho individuato 324 diversi scenari da sottoporre ai rispondenti.
- Gli scenari sono stati divisi tramite scomposizione a blocchi in gruppi da sei per poterli somministrare in maniera agevole;
- In totale ho ottenuto 54 blocchi, 48 relativi agli scenari comprendenti l'alternativa auto + treno e 6 relativi a quelli comprendenti il solo treno notturno;
- Tramite Google Moduli, è stato creato un questionario comprendente una prima parte dedicata a domande socio demografiche utili a profilare i rispondenti e una seconda parte relativa alla scelta modale vera e propria;
- Il questionario è stato diffuso unicamente online e ha ottenuto notevole risonanza, ottenendo 821 risposte in circa due settimane;
- L'interesse dei rispondenti verso il tema ha dimostrato che, se ben pianificato, il servizio auto + treno ha modo di attirare l'attenzione su di sé e generare un numero consistente di viaggiatori;
- Tramite un modello di regressione logistica, è stato realizzato un profilo dell'utente medio potenzialmente interessato al servizio auto + treno;
- Grazie alle risposte raccolte, è stato possibile procedere con la calibrazione del modello. È emersa la netta rilevanza del fattore comfort nel caso di vacanze lunghe, mentre per soggiorni brevi prevale l'aspetto relativo ai costi di viaggio;

- L'analisi dei segni dei coefficienti e dei rispettivi valori assoluti ha fornito risultati coerenti con le aspettative. Si è fatto, infine, un cenno alle verifiche formali da condurre per validare la bontà dei risultati raggiunti.

Conclusa questa parte dello studio, il prossimo passo consisterà nel valutare la sensibilità degli utenti rispetto ai singoli attributi, così da individuare quali sono quelli che determinano maggiormente la scelta modale.



# Capitolo 5

## Analisi di sensibilità

Il passaggio successivo da affrontare è stato condurre un'analisi di sensibilità, ovvero un processo volto a comprendere l'influenza dei singoli attributi sulla probabilità di scelta degli utenti. Ciò che si mira ad ottenere mediante queste valutazioni è individuare quali sono gli attributi che più incidono sulla scelta degli utenti a fronte di variazioni minime dei valori considerati e in che modo essi influenzano i risultati finali.

Nello specifico, ci si vuole mettere nei panni di un gestore del servizio di trasporto per individuare quali fattori incidono maggiormente ai fini dell'utilizzo più o meno marcato del mezzo proposto e, dunque, sulla probabilità di scelta.

Per lo sviluppo di tale analisi, si è agito in maniera piuttosto semplice:

- per prima cosa, ho individuato uno scenario verosimile da cui partire;
- limitatamente, ai fattori legati al trasporto ferroviario, ho fatto variare un attributo alla volta mantenendo costanti tutti gli altri;
- è stata valutata caso per caso l'incidenza del singolo fattore sulla probabilità di scelta dell'alternativa in esame.

### 5.1 Costruzione scenario di analisi

Per poter condurre un'analisi di sensibilità il più possibile verosimile alla realtà, occorre per prima cosa definire i valori costanti validi per le alternative Auto privata e Aereo, sui quali non si ha modo di intervenire. Come già detto, l'obiettivo del lavoro è quello di generalizzare il più possibile lo studio al fine di poter estendere il servizio su più tratte, ciò però comporterebbe una valutazione dei tempi e dei costi variabile caso per caso. Essendo ciò impossibile in questa fase, andrò a definire dei valori di riferimento relativi ad una specifica direttrice, di conseguenza andrò ad esaminare i risultati su tale caso.

Volendo rimanere in un range di spostamento intorno ai 1000 km, calerò l'analisi su una ipotetica tratta Torino-Bari via Adriatica, la quale è stata già presa come esempio all'interno del questionario. Per quanto riguarda le due

alternative di trasporto attualmente in esame, ovvero l'auto privata e l'aereo, si ricorda che, per entrambe, occorre solo definire costi e tempi di viaggio, calati opportunamente sulla direttrice considerata e comprensivi di eventuali perditempo.

### Auto privata

Mi sono inizialmente concentrato sui costi di viaggio dell'auto. Inizialmente, sono stati considerati due livelli di variazione, ovvero **200€** e **250€**. Ho deciso di mettermi nel caso peggiore considerando il livello minore.

Per lo stesso motivo, ho considerato anche il livello di variazione minore relativo al tempo di viaggio, ovvero **dieci ore**. Tale condizione porta però a concludere che, se i costi e i tempi fossero maggiori, ad esempio a causa di elevati costi di carburante o di condizioni di traffico critiche in determinati periodi dell'anno, un maggior numero di viaggiatori prenderà in considerazione come alternativa il treno notturno.

### Aereo

In merito all'aereo, bisogna partire dal presupposto che i tempi di viaggio sono stati considerati fissi, pertanto considererò un valore parti a **quattro ore e trenta minuti**.

In merito ai costi, invece, considerate le oscillazioni notevoli di prezzo alle quali è soggetto il mercato del trasporto aereo e ai costi aggiuntivi legati al carico dei bagagli e al raggiungimento del terminal, considererò il livello di variazione superiore, ovvero **85€**, al quale poi verranno sommati i **50€** considerati per l'alloggio nel caso si decida di viaggiare la sera e pernottare a destinazione.

### Treno notturno

Per quanto riguarda, infine, il treno notturno, si fa presente che tale studio è influenzato da una particolarità non banale, ovvero che è necessario studiare la risposta dell'utenza per ben definiti livelli di comfort offerti a bordo, ai quali naturalmente corrisponde un prezzo diverso del viaggio.

Per i costi e i tempi di viaggio, ho fatto variare singolarmente i due attributi prendendo come riferimento i livelli di variazione individuati in fase di costruzione del modello, ovvero:

<b>Livello di comfort</b>	<b>Costo</b>
Base	40 €
Intermedio	80 €
Elevato	160 €

Tabella 5.1: Costi presi come riferimento di partenza per l'analisi di sensibilità relativa all'alternativa Treno notturno.

Per la sola analisi relativa alla ramificazione comprendente l'alternativa auto al seguito, inoltre, ho considerato inizialmente un costo di **120€** per il carico del veicolo privato a bordo del treno.

Faccio presente che questi valori non rappresentano le tariffe che verranno necessariamente prese in considerazione successivamente, ma sono solo indicative per lo studio di sensibilità.

Infine, ho assegnato una durata di **13:45 ore** e **12:15 ore** per le due ramificazioni del modello. Ho scelto questi due valori perché nel primo caso ho voluto tener conto dei tempi necessari per completare le operazioni di carico e scarico del veicolo, sebbene poi i tempi effettivi di viaggio siano gli stessi nei due casi. Si consideri che questi valori di partenza saranno maggiori dei tipici tempi di viaggio attualmente registrati su servizi notturni lungo la stessa tratta. Ciò vuol dire che, entro certi limiti, è possibile ridurre le tempistiche andando ad incrementare, di conseguenza, la probabilità di scelta del treno.

Andando a riassumere quanto finora discusso nelle Tabelle 6.10 e 6.11, si avrà:

<b>Attributi</b>	<b>Automobile</b>	<b>auto + treno</b>	<b>Aereo</b>
Tempo di viaggio	10:00 h	13:30 h	04:30 h
Costo del viaggio	200€	40€/80€/160€	85€
Costo carico del veicolo	-	120€	-
Comfort	-	*/***/*****	-

Tabella 5.2: Valori adottati per l'analisi di sensibilità. Blocco di scenari comprendente l'alternativa "Auto + Treno".

<b>Attributi</b>	<b>Treno notturno</b>	<b>Aereo (mattina)</b>	<b>Aereo (sera)</b>
Tempo di viaggio	12:15 h	04:30 h	04:30 h
Costo del viaggio	40€/80€/160€	85€	135€
Comfort	*/***/*****	-	-

Tabella 5.3: Valori adottati per l'analisi di sensibilità. Blocco di scenari non comprendente l'alternativa "Auto + Treno".

## 5.2 Analisi di sensibilità per le alternative di spostamento

Definiti i valori degli attributi dai quali dare avvio all'analisi, sono passato al valutare in che modo la probabilità di scelta è influenzata dal variare dei valori considerati, seguendo le modalità descritte all'inizio del capitolo. A monte dell'analisi, faccio presente di aver considerato all'interno dei grafici che seguono non solo le curve relative all'alternativa *Treno notturno*, ma di aver rappresentato i risultati relativi a tutte le alternative considerate.

Lo studio dei singoli attributi, come già evidenziato, è stato fatto variando gli attributi relativi all'alternativa Treno notturno, ovvero:

- COSTO DI VIAGGIO;
- TEMPO DI VIAGGIO;
- COSTO DI CARICO DEL VEICOLO.

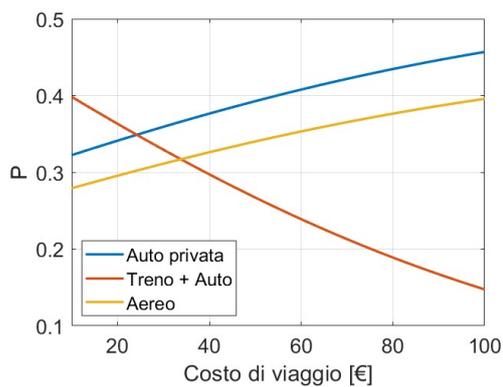
Il processo è stato ripetuto per ognuno dei tre livelli di comfort considerati. Di seguito, pertanto, la trattazione verrà separata per i singoli attributi, in modo tale da valutare l'influenza del comfort sulle probabilità di scelta.

### 5.2.1 Costo di viaggio

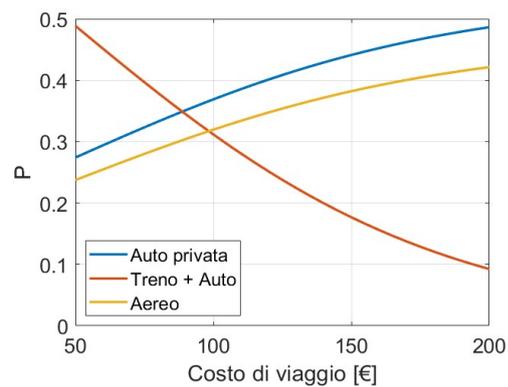
I primi dati analizzati sono stati quelli relativi ai costi di viaggio. Ho analizzato la variazione in termini di probabilità partendo dai valori prima menzionati e variandoli in maniera diversa a seconda del livello di comfort considerato. Nello specifico:

- i costi per il livello Base variano tra i 10 € e i 100 €;
- i costi per il livello Intermedio variano tra i 50 € e i 200 €;
- i costi per il livello Elevato variano tra i 120 € e i 300 €.

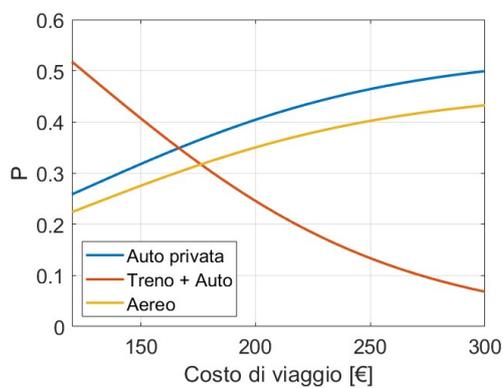
I risultati di seguito visibili riassumono la variazione di probabilità di scelta delle alternative in esame per ogni livello di comfort, distinguendo fra modello comprendente e non l'alternativa auto + treno.



(a) Livello di servizio Base



(b) Livello di servizio Intermedio



(c) Livello di servizio Elevato

Figura 5.1: Analisi di sensibilità rispetto al costo di viaggio del servizio treno notturno + auto al seguito. Elaborazione personale (MATLAB).

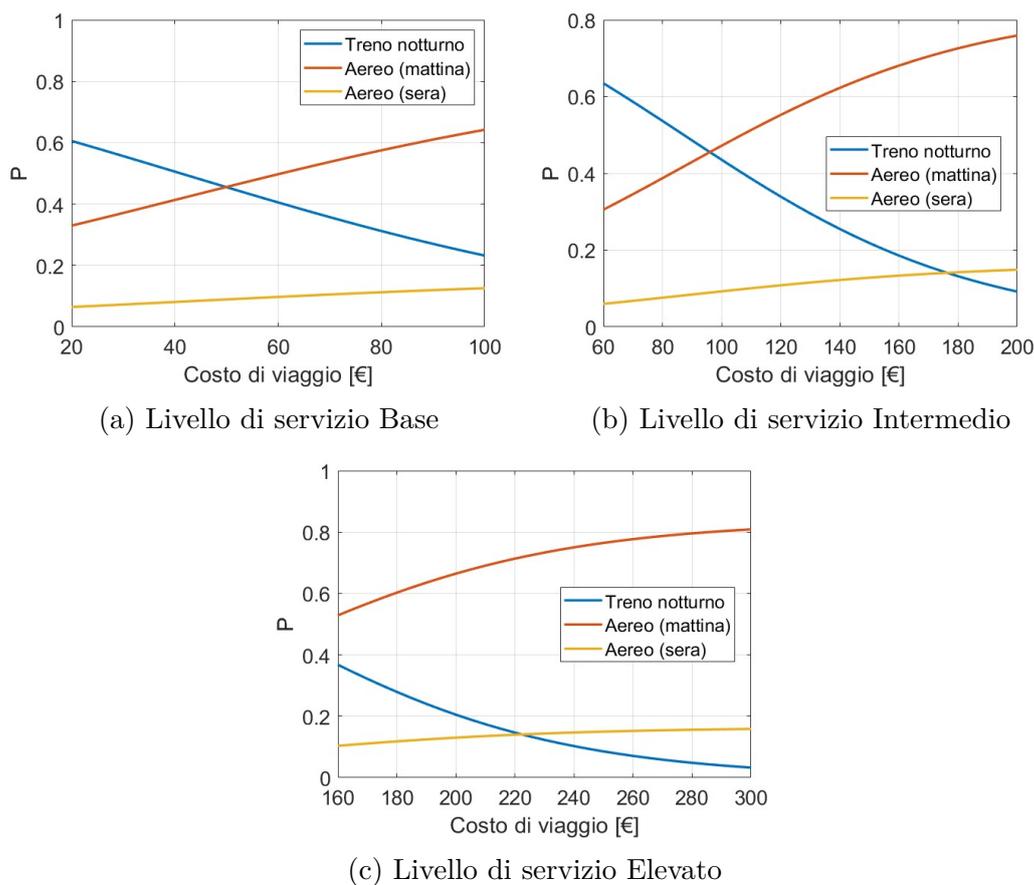


Figura 5.2: Analisi di sensibilità rispetto al costo del biglietto del treno notturno senza considerare il trasporto del veicolo privato. Elaborazione personale (MATLAB).

I risultati ottenuti possono essere definiti incoraggianti.

- Si evidenzia una maggiore propensione dell'utente a pagare una tariffa più elevata a fronte di maggiori benefici a bordo del treno;
- Viene testimoniato che la piacevolezza del viaggio che il treno è in grado di offrire rispetto ad altre alternative di trasporto può incidere in maniera rilevante e che un'opportuna tariffazione dei diversi livelli di servizio può portare a soddisfacenti risultati in termini economici;
- Emerge, inoltre, che in tutte e tre le casistiche, anche a fronte di prezzi particolarmente elevati in rapporto al livello di servizio offerto, la percentuale di scelta si mantiene su valori intorno al 10%. È possibile, però, che tale risultato sia sovrastimato a causa delle limitazioni del modello;
- Si noti, infine, un andamento simile per quanto riguarda le curve relative al veicolo privato e all'aereo (Figura 5.1), con il primo che soffrirebbe notevolmente la concorrenza del secondo al crescere della distanza da percorrere.

- Il servizio ferroviario risulta competitivo se comparato a quello aereo con partenza la mattina presto;
- La probabilità di scelta relativa ad una partenza la sera prima con pernottamento risulta piuttosto limitata, con valori vicini al 10/15%.

## 5.2.2 Tempo di viaggio

A questo punto si è passati all'analisi dei tempi di viaggio. I valori sono stati fatti variare tra le 9 e le 15 ore di percorrenza. I risultati sono di seguito mostrati (Figura 5.3 e 5.4):

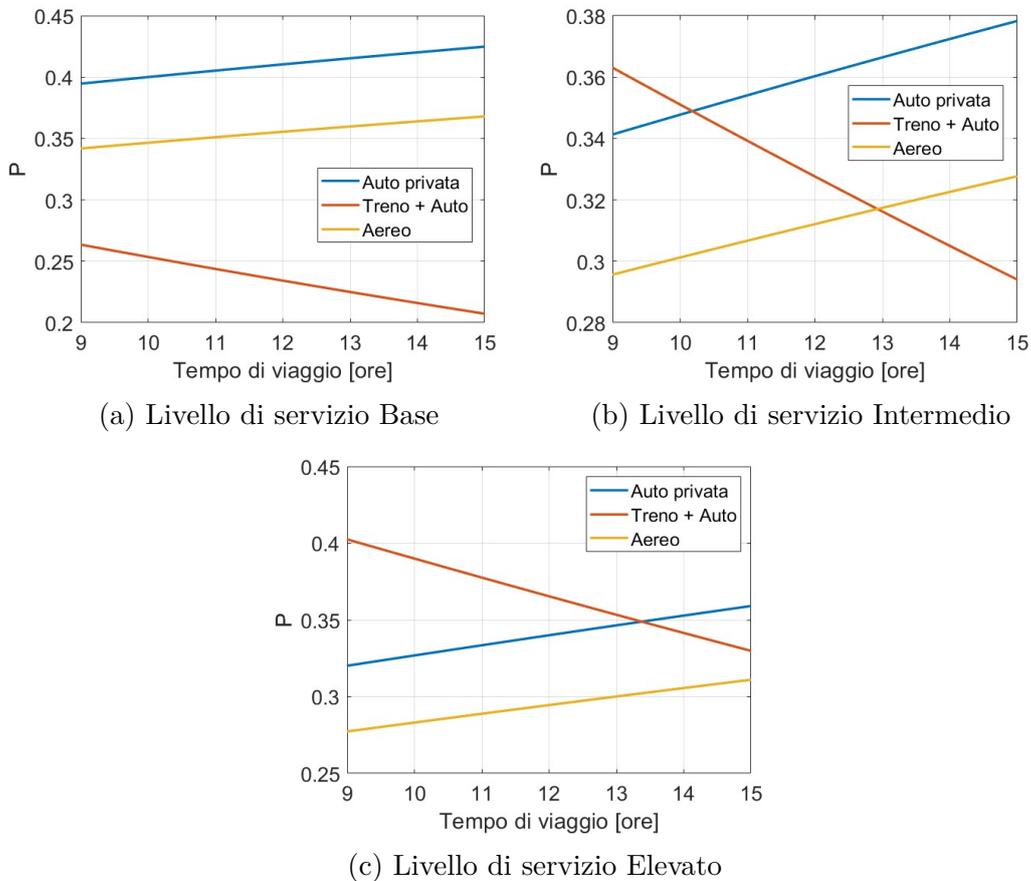


Figura 5.3: Analisi di sensibilità rispetto al tempo di viaggio del servizio Treno notturno + Auto al seguito. Elaborazione personale (MATLAB).

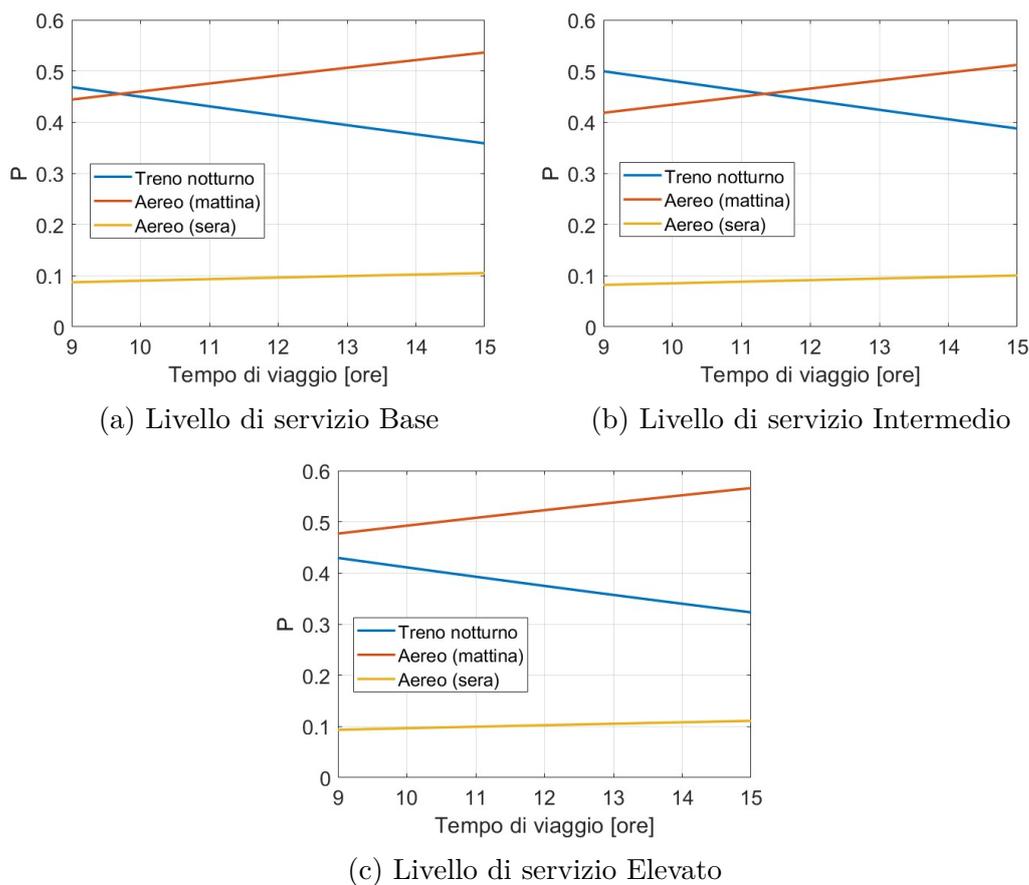


Figura 5.4: Analisi di sensibilità rispetto al tempo di viaggio del Treno notturno senza considerare il trasporto del veicolo privato. Elaborazione personale (MATLAB).

I tempi risultano essere particolarmente interessanti da analizzare in entrambi i casi.

- Come si può osservare da Figura 5.3, la rilevanza dell'auto privata per compiere lunghi spostamenti emerge nonostante gli elevati tempi di percorrenza, risultando anche superiore all'aereo, il quale gode di minore flessibilità in termini di pianificazione e libertà di spostamento;
- Il servizio auto + treno si dimostra in alcuni casi come la scelta preferita fra quelle proposte, a dimostrazione che i viaggiatori, se messi nelle giuste condizioni di viaggio, rinuncerebbero a lunghi spostamenti alla guida;
- Nel caso in cui l'alternativa "Auto privata" non sia presente, si nota che l'aereo si appresterebbe a diventare la prima scelta in termini di modo di trasporto, con una netta preponderanza delle partenze al mattino presto rispetto a quelle anticipate alla sera prima;
- Nelle attuali condizioni, la concorrenza del treno notturno sarebbe più forte solo per viaggi di durata compresa tra le 9 e le 12 ore, in particolar

modo per i livelli di servizio inferiori, in quanto all'aumentare del tempo di viaggio, i viaggiatori meno tollerano una sistemazione scarsamente confortevole.

### 5.2.3 Costo di carico del veicolo

In ultimo, si è andati a valutare l'incisività dei costi aggiuntivi relativi al solo carico del veicolo privato. Essendo, infatti questo un costo ulteriore da considerare oltre a quello del biglietto, si vorrebbe valutare la sensibilità rispetto ad esso. A tal proposito, molti dei rispondenti al questionario hanno affermato che essi sceglierebbero il servizio auto + treno se si potesse garantire una tariffa per il veicolo intorno ai 60 €. Tale costo è stato dunque fatto variare tra i 50 € e i 200 € e i risultati ottenuti sono stati i seguenti:

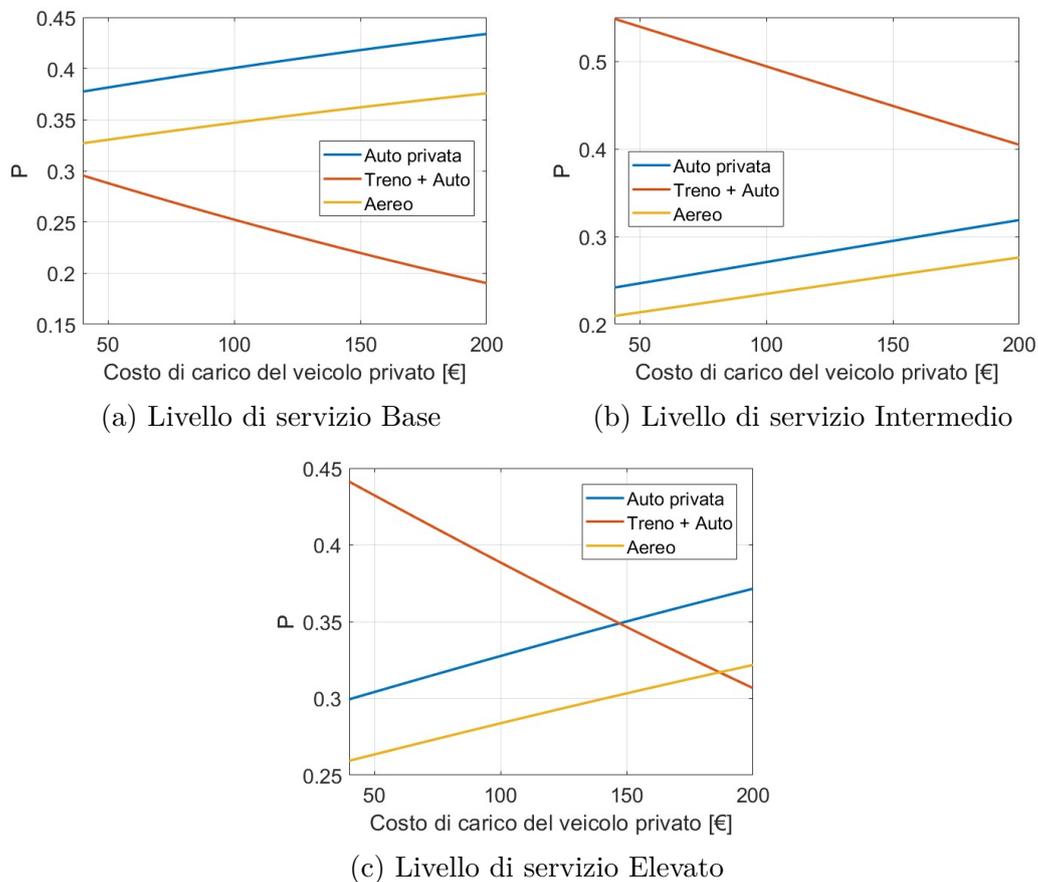


Figura 5.5: Analisi di sensibilità rispetto al costo di carico del veicolo privato. Elaborazione personale (MATLAB).

Osservando quanto riportato, emerge nuovamente ciò che è stato ribadito in precedenza.

- I viaggiatori sarebbero disposti a pagare un costo aggiuntivo, anche significativo, pur di poter caricare a bordo il proprio veicolo. Ciò presuppone

però un'organizzazione adeguata delle operazioni di movimentazione dei veicoli;

- Ciò emerge soprattutto se, come atteso, i livelli di comfort siano tali da permettere a questi di godersi il viaggio e non esser costretti alla guida durante le ore notturne;
- Per livelli bassi di comfort, il mezzo privato risulta essere ancora la scelta preponderante;
- L'opzione fly & drive è meno rilevante di quanto atteso, soprattutto per lunghi soggiorni, per i quali i costi di noleggio da sostenere diventano particolarmente onerosi.

### 5.3 Definizione tariffe di viaggio

In virtù dei risultati ottenuti, l'ultimo passo è stato quello di individuare delle tariffe alle quali far riferimento per ogni categoria di servizio. Sebbene, infatti, abbia già individuato in fase di costruzione del modello diversi livelli di prezzo, non è detto che essi corrispondano ai valori scelti in definitiva.

In aggiunta, faccio presente che in questa fase dello studio ancora non è chiaro su quali dati di flusso applicare il modello realizzato, pertanto è necessario condurre delle riflessioni più estese.

Di conseguenza, ho ragionato sulla base dell'andamento dei potenziali ricavi in funzione delle tariffe applicate, tenendo anche però a mente che, tendenzialmente, il numero dei posti disponibili diminuirà all'aumentare del livello di comfort.

L'andamento dei potenziali ricavi per ogni singola classe è stato realizzato facendo variare in modo crescente il prezzo del biglietto singolo (Figure 5.6a, 5.6b, 5.6c).

Sulla base di tali risultati, ho individuato dei prezzi indicativi per l'intero percorso cui far riferimento (Tabella 5.4).

Tariffe di viaggio		
Seduta reclinabile	70,00 €	a persona
Cuccetta/Minisuite	100,00 €	a persona
Cabina letto	250,00 €	a persona

Tabella 5.4: Prezzi (comprensivi di IVA al 10%) per i diversi livelli di servizio. Valori riferiti al solo viaggio di andata.

Per quanto riguarda i costi di trasporto del veicolo privato, ho deciso di applicare una tariffa pari a **90 €**. Ho ricavato tale valore dopo aver condotto un'analisi di sensibilità basata sulla variazione della probabilità di scelta dell'alternativa auto + treno tenendo in considerazione gli attributi  $COM_t$ ,  $C_t$  e  $CV_t$ . In pratica, per ogni livello di servizio e per ogni tariffa ad esso corrispondente, ho fatto variare l'attributo di costo di trasporto del veicolo privato

per poter osservare la variazione in termini di ripartizione modale. I risultati ottenuti sono illustrati in Figura 5.7.

Si noti che, per quanto riguarda il livello di servizio Elevato, avrei potuto scegliere una tariffa più bassa, tale da aumentare la probabilità di scelta relativa al treno notturno e, dunque, i ricavi. Però a ciò avrei dovuto contrapporre, nelle fasi successive dello studio, un elevato numero di posti disponibili per garantire un numero di passeggeri maggiore. Data la limitata capacità di una vettura adibita a scompartimenti letto di livello elevato, ho dunque preferito aumentare la tariffa relativa, consapevole di non scegliere quella che mi consentirebbe di massimizzare i ricavi, al fine di bilanciare entrate e uscite. Si ricordi, inoltre, che, non trattandosi di un servizio pendolare, il prezzo più alto è giustificato dalla qualità e dalla comodità di quanto offerto. Tali importi verranno poi considerati nel Capitolo 7.3 per il calcolo dei ricavi annuali relativi al caso studio che verrà considerato.

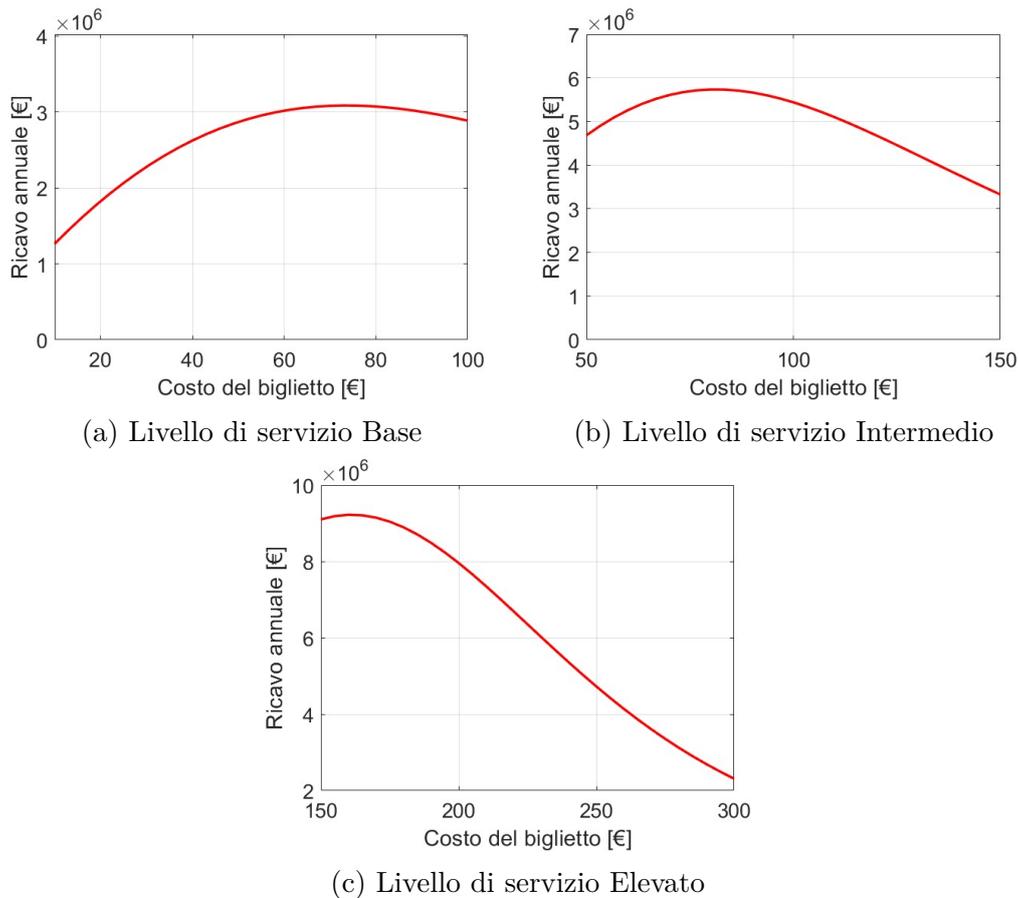


Figura 5.6: Andamento dei ricavi annuali in funzione della tariffa applicata. Elaborazione personale (MATLAB).

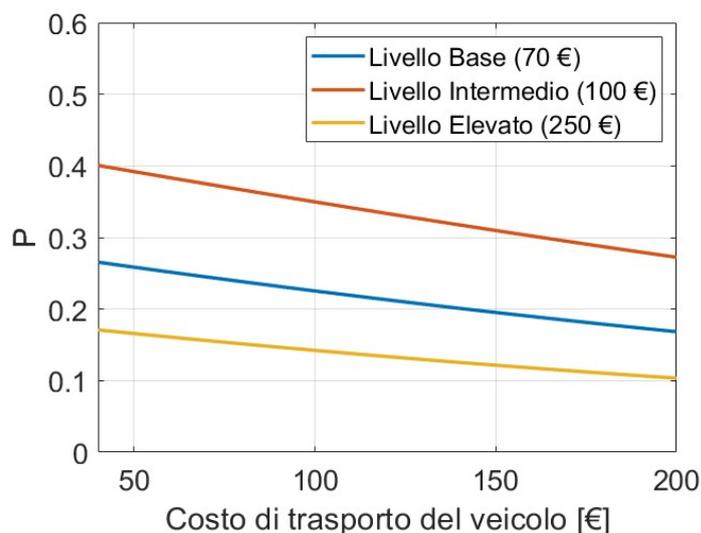


Figura 5.7: Analisi di sensibilità al variare del costo di trasporto del veicolo privato in funzione delle tariffe scelte per ogni livello di servizio. Elaborazione personale (MATLAB).

### 5.3.1 Riepilogo

I risultati ottenuti sono stati molto promettenti. Si può concludere che:

- i tempi di viaggio considerati per l'alternativa ferroviaria sono risultati opportuni. Difatti, si presuppone di realizzare il viaggio in esame in un tempo compreso tra le dieci e le dodici ore;
- le classi di comfort intermedie a bordo del treno sono maggiormente apprezzate da coloro che usufruiscono di questo mezzo di trasporto. Ciò può essere legato a quanto detto in 4.3.4 in merito al tipo di utenza maggiormente interessato ad esso e al buon compromesso tra costo e comfort che ci si aspetta;
- ci si aspetta un'offerta di posti disponibili decrescente all'aumentare del livello di comfort. Occorrerà realizzare un compromesso tra tariffe, posti disponibili e spese a carico dell'azienda di trasporto;
- i costi aggiuntivi di carico del veicolo hanno dimostrato che i viaggiatori sono disposti a pagare comunque più di altre alternative pur di usufruire di un servizio ben gestito, soprattutto se a ciò si aggiunge un livello di comfort superiore a quello offerto dal mezzo privato.
- per quanto riguarda brevi soggiorni (Figure 5.2 e 5.4), il treno notturno si dimostra una valida alternativa all'aereo, sebbene quest'ultimo rappresenti ancora la prima soluzione in termini assoluti.

Si ribadisce che i risultati ottenuti devono essere letti calandosi nella specifica situazione ipotizzata, ovvero quella di un viaggio a lunga percorrenza

pianificato in modo tale da trovarsi a destinazione nelle prime ore del mattino del giorno seguente.

In quest'ottica, è dunque irrealistico pensare ad un totale passaggio dei viaggiatori a favore di un viaggio notturno, pertanto la fetta maggiore di questi comunque sceglierà di viaggiare nel corso della giornata.

Si ipotizzerà, in seguito, che il servizio pianificato sarà in grado di attrarre solo i viaggiatori intenzionati a partire nel primo mattino o la sera precedente, supponendo che la domanda sia uniformemente distribuita nel corso della giornata.

A conclusione di questa parte dell'analisi, faccio presente che all'interno della cartella Google Drive denominata *Tesi-Simone Cannarsa*, sono presenti i file Excel "*Calibrazione-SìAuto*" e "*Calibrazione-NoAuto*" contenenti tutti i passaggi discussi in merito alla calibrazione del modello e all'analisi di sensibilità degli attributi.



## Capitolo 6

# Pianificazione tattica del servizio

Con l'analisi di sensibilità esposta nel Capitolo precedente ho voluto chiudere la prima parte di questo lavoro.

*Quanto fatto finora è stato fondamentale per prendere atto del fatto che ad oggi è presente una nicchia di domanda di trasporto non soddisfatta ed interessata all'ampliamento dei collegamenti nazionali notturni ed al ripristino del servizio di trasporto del proprio veicolo stradale.*

A questo punto è compito dei soggetti operanti nel settore ferroviario valutare la fattibilità di ingresso in questo tipo di mercato e dei decisori politici territoriali, di comune accordo col gestore dell'infrastruttura, rendere possibile e concreto lo sviluppo di questo servizio.

*Investire o meno risorse economiche su servizi ed infrastrutture atti a favorire la rinascita in questo tipo di programma rappresenta infatti un punto nodale dell'intero lavoro, senza il quale tutto ciò non potrebbe esistere.*

A monte di questa valutazione, faccio presente che il modello costruito contiene in sé delle incertezze non banali, che indubbiamente andranno ad influenzare le stime future. Ciò è legato non solo ai bias di campionamento di cui si è discusso in 4.3.3, ma anche alla non specificità della popolazione considerata, poiché si è cercato di ampliare quanto più possibile il bacino di rispondenti per studiare le potenzialità del servizio lungo diversi itinerari. Di fatto, però, in tal modo, si va ad introdurre un ulteriore grado di incertezza, creando ulteriori lacune che studi più approfonditi saranno in grado di colmare.

Detto ciò, mi metterò nei panni di un'impresa ferroviaria intenzionata a reintrodurre il servizio in Italia e andrò ad applicare quanto ottenuto ad un caso studio da me individuato.

### 6.1 Servizi da garantire a bordo

Come si è potuto constatare nei Capitoli precedenti, la piacevolezza del viaggio, intesa come comfort offerto a bordo e servizi aggiuntivi di cui beneficiare durante il trasporto, ha assunto un ruolo rilevante ai fini della scelta modale. Di conseguenza, reputo necessario specificare prima di tutto che cosa

il viaggiatore desidera trovare a bordo del treno al fine di rendere piacevole il viaggio.

Sulla base del target di utenza preso come riferimento, di cui si è già ampiamente parlato, è possibile elencare di seguito alcune specifiche essenziali per un collegamento di questo tipo:

- **SISTEMAZIONI ADEGUATE PER TUTTE LE NECESSITÀ:** poiché la condivisione degli spazi è risultata essere uno degli aspetti maggiormente considerati dall'utenza, occorre prevedere la possibilità di garantire sistemazioni diverse a seconda del tipo di utente. Bisogna dunque offrire, oltre alle sedute reclinabili per il livello più economico, scompartimenti letto e cuccette adatti a famiglie o gruppi di viaggiatori, così come mini-compartimenti adatti a coloro che viaggiano da soli. Per quanto riguarda le carrozze con sedute, è preferibile optare per una disposizione differente da quella a salone dei convogli diurni, al fine di limitare i disagi dovuti alla condivisione degli spazi da parte dei viaggiatori. Non si trascurino, infine, scompartimenti dedicati a passeggeri a ridotta mobilità. Per maggiori dettagli in merito ai singoli livelli di servizio, si faccia riferimento a Tabella 1.2;
- **SPAZI PER I BAGAGLI:** adeguati vani, al di sotto dei letti o sulle cappelliere al di sopra delle poltrone, per riporre valigie ed oggetti personali;
- **SERVIZI IGIENICI E DOCCE:** in linea con i moderni standard di qualità, occorre prevedere servizi igienici privati e docce per tutti gli scompartimenti di livello elevato. Inoltre, bisogna garantire servizi igienici condivisi per i livelli di servizio più bassi, prevedendo anche comodità per le famiglie (es. nursery all'interno delle toilette) e la rimozione di barriere architettoniche per l'accesso a passeggeri a ridotta mobilità;
- **BIANCHERIA DA LETTO:** occorre garantire kit completi di lenzuola, cuscini e coperte per ogni viaggio;
- **OFFERTA DI CIBO E BEVANDE:** in assenza di un'apposita carrozza ristorante, bisogna garantire tale servizio mediante distributori automatici o servendo i prodotti tramite carrelli minibar lungo il viaggio;
- **PRIVACY A BORDO TRENO:** accesso ai singoli scompartimenti mediante scheda NFC, QR code o codice numerico;
- **SICUREZZA A BORDO:** sistema di videosorveglianza e sistema antincendio. Sicurezza per i veicoli trasportati così da scongiurare il pericolo di furti;
- **ACCESSIBILITÀ:** porte automatiche (con dispositivo di lateralizzazione obbligatorio), agevolazioni per passeggeri a ridotta mobilità. Corridoi sufficientemente larghi per il passaggio di persone e bagagli (60 cm minimo);

- **TRASPORTO BICICLETTE:** appositi vani in cui riporre biciclette ed altri oggetti ingombranti (es. passeggini);
- **INFOTAINMENT:** monitor che forniscono aggiornamenti riguardo allo stato del viaggio ma anche informazioni relative ad eventi e attrazioni turistiche presenti a destinazione;
- **ALTRI SERVIZI:** buona connessione internet WiFi in ogni vettura, disponibilità di prese elettriche e slot USB per tutte le sedute, aria condizionata;

Una volta definiti questi standard, occorre comprendere come questi possono sposarsi con i principali vincoli legati alla fattibilità del servizio, ovvero:

- costi ragionevoli relativi all'acquisto o al rinnovamento di materiale rotabile;
- accelerazioni e velocità adeguate lungo tutto il tracciato;
- dimensioni delle vetture;
- dimensione complessiva del convoglio in relazione al numero di vetture a disposizione dei passeggeri e ai carri dedicati al trasporto dei veicoli, al fine di non eccedere il modulo della linea interessata.

## 6.2 Scelta della relazione

Intenzionato a sviluppare un caso studio legato al collegamento tra Nord e Sud Italia, mi sono dunque dedicato alla ricerca di possibili direttrici sulle quali impostare il servizio.

Per fare ciò mi sono affidato principalmente ai dati storici, per ricercare quali fossero le tratte percorse in passato da servizi notturni con trasporto veicoli accompagnati, e all'analisi dell'attuale offerta di trasporto passeggeri a lunga percorrenza, così da individuare una nicchia di mercato nella quale inserirsi.

Un'impresa eventualmente interessata avrà come primo obiettivo quello di scegliere una tratta ferroviaria che presenti:

- un basso livello di visibilità, da cui consegue una maggiore facilità di accesso;
- una frequentazione potenziale elevata;
- uno scarso interesse da parte di altre imprese ferroviarie, in modo tale da anticipare queste ultime e garantirsi una maggiore aspettativa di utile.

Alla luce del tipo di progetto da voler strutturare, un'azienda potrebbe pensare di andare a riempire, con un servizio del tutto nuovo, o meglio, attualizzato, quei vuoti lasciati dall'attuale offerta, laddove i servizi alta velocità sono meno avvantaggiati e il tempo di viaggio in autobus o in auto è molto lungo. In particolare, si evidenzia dai *Rapporti Pendolaria 2023* ([35]) come la straordinaria crescita dell'offerta di servizio AV ha generato un notevole flusso di viaggiatori lungo la direttrice Salerno, Napoli, Roma, Firenze, Bologna, Milano, Torino/Venezia, la quale attualmente risulta difficilmente scalabile.

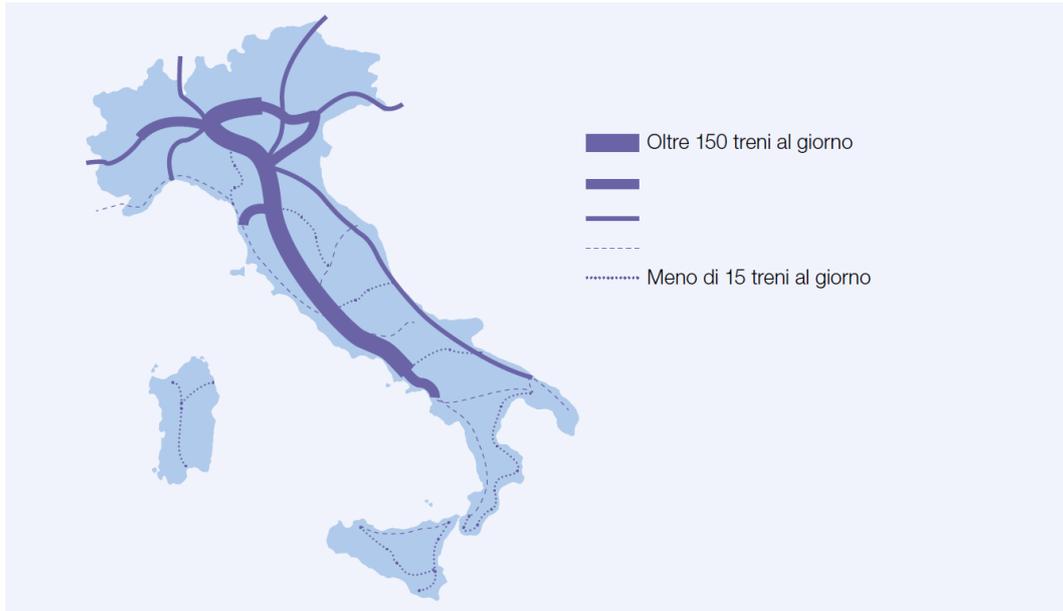


Figura 6.1: L'offerta di treni sulla rete ferroviaria italiana (Legambiente, rapporto Pendolaria 2023).

Nelle Regioni non servite dall'alta velocità, però, le possibilità di spostamento sono diminuite nel corso degli anni, in particolare sulla lunga percorrenza. Difatti, per quanto riguarda i servizi Intercity, l'offerta in termini di treni\*km è scesa dal 2010 al 2019 del 16,7% e, parallelamente, sono calati i viaggiatori del 47%. Tali treni sono fondamentali per direttrici, poco battute dai servizi AV, in particolare per quanto riguarda i collegamenti al Sud.

Come mostrato in Figura 6.1, si nota immediatamente come, negli ultimi anni, il traffico si sia spostato principalmente lungo la costa Tirrenica, mentre la costa Adriatica è stata messa in secondo piano. Sulla base di ciò, ho deciso di concentrarmi proprio sulle sezioni adriatiche, ipotizzando una serie di collegamenti tra il Nord ed il Sud-Est del Paese.

Sono quindi stati individuate due tratte interessanti la direttrice Adriatica, ovvero:

- **Torino - Lecce;**
- **Verona - Lecce;**

Questa direttrice risulta essere quasi per nulla utilizzata dagli altri operatori ferroviari e poco da Trenitalia, inoltre non è interessata da futuri lavori di ampliamento all'Alta Velocità al pari del corridoio tirrenico. Sebbene, infatti, la linea Adriatica sia oggetto di un vasto programma di potenziamento infrastrutturale finanziato con il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e con fondi nazionali, si stima che i tempi di percorrenza tra Bologna e Bari si ridurranno di circa un'ora, rendendo comunque proficuo l'ingresso in un mercato parallelo all'AV/AC. Tali interventi, inoltre, potrebbero essere un incentivo a promuovere nel prossimo futuro collegamenti notturni su distanze maggiori in modo tale da poter sfruttare l'aumento di velocità concesso da tali interventi (Capitolo 8).

Nelle sezioni che seguono, verranno per prima cosa evidenziate le infrastrutture presenti nelle aree in esame per poter espletare il servizio auto + treno, si entrerà poi nel vivo della pianificazione tattica del servizio, analizzando sinteticamente gli itinerari percorsi, proponendo una traccia oraria verosimile e, infine, verrà svolta un'analisi della domanda sulla base dei flussi di viaggiatori fra le aree designate.

## 6.3 Infrastrutture

In merito al contesto da me in esame, ho deciso di approfondire quanto già introdotto in 1.3, calando il discorso sulle aree individuate per il caso studio. Nello specifico, analizzerò quattro possibili stazioni sulle quali impostare il servizio veicoli al seguito in progetto, di seguito elencate:

- Stazione di Verona Porta Nuova;
- Stazione di Torino Porta Nuova;
- Stazione di Alessandria;
- Stazione di Bari Centrale;

### 6.3.1 Verona

Il primo impianto che considero è quello di Verona Porta Nuova (Figura 6.2). La stazione rappresenta un nodo passeggeri strategico, risultando tra le dieci più trafficate d'Italia e abbracciando un'area che comprende le province di Verona, Padova, Vicenza, Trento e Bolzano. Essa è collegata, infatti, in maniera ottimale alle aree circostanti, essendo a poca distanza da due importanti direttrici autostradali, ovvero la A4 Torino - Trieste e la A22 - Autostrada del Brennero. In tale contesto, la stazione di Verona potrebbe rappresentare un fondamentale hub per un servizio auto al seguito verso il sud Italia per tutto il Nord-Est, dato che, inoltre, non sono presenti valide alternative su rotaia per raggiungere il meridione.

Come già anticipato in 1.3.1, essa rappresenta, insieme a quello di Livorno, l'unico terminal dedicato a servizi con veicoli al seguito attualmente attivo

sul territorio nazionale, in quanto servito da alcuni collegamenti internazionali *autozug* da e per le principali località di Austria e Germania.

L'impianto, di quasi 4000  $m^2$  di estensione, è dotato di due rampe fisse e quattro corsie per il movimento dei veicoli e di un parcheggio antistante tale area. Esso, inoltre, è situato in un'area adiacente al fabbricato viaggiatori principale, di conseguenza il trasbordo dei passeggeri risulta piuttosto rapido. Per tali motivi, non vi è alcun bisogno di pianificare interventi sull'infrastruttura del terminal, ma sarebbe opportuno provvedere ad aumentare la qualità del servizio con una gestione delle operazioni di carico e scarico dei veicoli più rapida, garantendo al contempo una migliore segnaletica e aree idonee per l'attesa dei viaggiatori nei pressi delle rampe di carico/scarico.

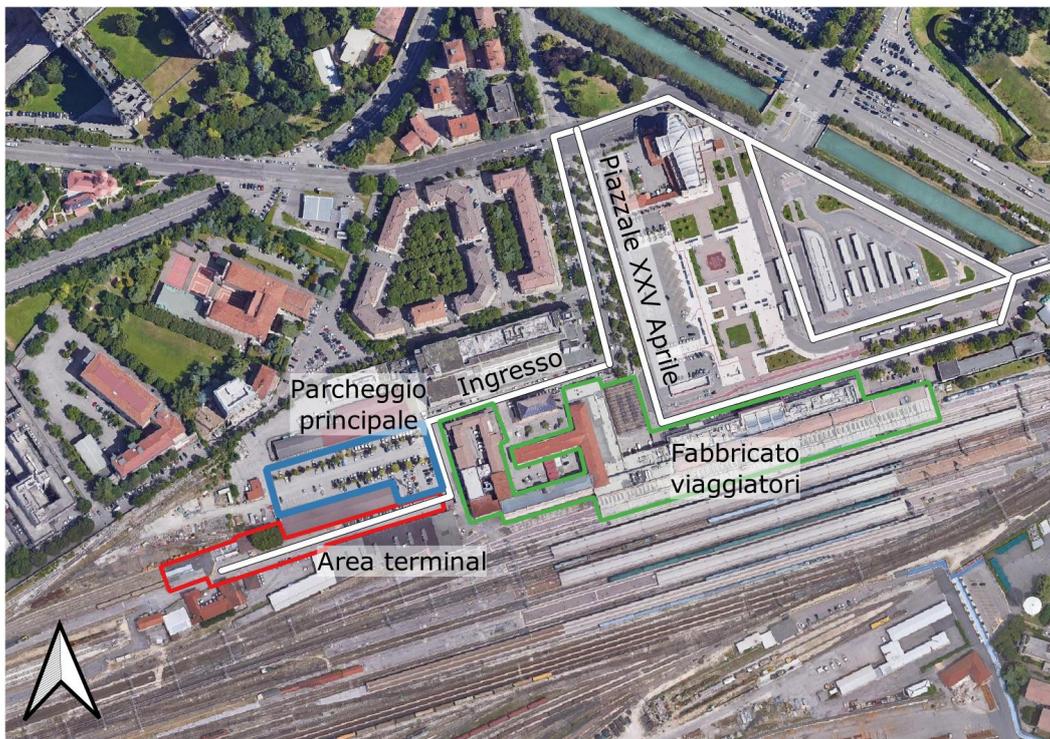


Figura 6.2: Stazione di Verona Porta Nuova con annesso terminal di carico e scarico veicoli. Elaborazione personale (QGIS).

### 6.3.2 Torino

La stazione di Torino Porta Nuova è stata individuata come uno dei potenziali hub dedicati al servizio auto al seguito, risultando un fondamentale polo di mobilità a lunga percorrenza per l'intera area del Piemonte. L'impianto è stato per molti anni capolinea di numerosi servizi notturni con veicoli accompagnati, ma, come accaduto alla quasi totalità dei terminal italiani dedicati, ad oggi resta ben poco di ciò, fattore che obbliga a fare ragionamenti più approfonditi sulla questione.

L'accesso all'area è situato lungo via Nizza, di fronte alla fermata metro Marconi, a poche centinaia di metri dal fabbricato viaggiatori principale. At-

tualmente, l'ex terminal è in stato di parziale abbandono. Lo spazio, di circa  $4800\text{ m}^2$ , è difatti usato principalmente come parcheggio, mentre le aste di carico sono impiegate per il ricovero dei treni (Figura 6.3).



Figura 6.3: Stazione di Torino Porta Nuova con area dell'ex terminal evidenziata. Elaborazione personale (QGIS).

In passato, l'area era dotata di quattro rampe fisse, ad oggi rimosse, e di sette corsie volte a consentire il movimento dei veicoli. L'attuale stato di fatto dell'ex impianto deve suscitare alcune riflessioni al gestore dell'infrastruttura e ai relativi decisori politici in merito a quali interventi strutturali e gestionali adottare per far tornare in funzione lo scalo, il quale dovrà essere del tutto riconfigurato.

Il primo e fondamentale passaggio da considerare è l'installazione di nuove rampe per il movimento dei mezzi. In merito a tale aspetto propongo di considerare non la progettazione di nuove rampe fisse ma l'impiego di più versatili rampe mobili, in maniera analoga a quanto presentato in 1.3. Non risultano necessari invece, allo stato attuale, interventi di ripristino dell'armamento ferroviario.

Inoltre, al di là degli aspetti normativi legati alla riapertura al pubblico dello spazio, si dovrebbero considerare anche gli aspetti presentati di seguito.

- Disponibilità di parcheggi: il numero di stalli di sosta che è possibile inserire all'interno dell'area è limitato, col rischio di giungere rapidamente a saturazione. L'impianto, inoltre, è situato in centro città e dunque non vi sono all'esterno ampie aree di sosta. Ciò può essere risolto minimiz-

zando, per quanto possibile, i tempi di carico e scarico dei veicoli, al fine di ridurre i tempi di sosta;

- Segnaletica e percorsi pedonali: andrebbero considerati interventi volti a facilitare l'individuazione dell'ingresso del terminal, ad oggi segnalata solo da un cartello posto in prossimità del cancello d'accesso, e i percorsi di camminamento dei viaggiatori. Ciò si lega, inoltre, alle operazioni di incarozzamento degli stessi, in quanto sarebbe opportuno garantire percorsi interni all'area della stazione al fine di raggiungere agevolmente le banchine, non essendo possibile la salita/discesa degli utenti in corrispondenza delle rampe di movimento;
- Aree designate alle fasi di check-in: in fase di pianificazione degli spazi a disposizione, occorre tenere a mente la necessità di predisporre delle aree per il check-in dei titoli di viaggio e dei veicoli, in corrispondenza delle quali il personale incaricato dovrà effettuare i necessari controlli;
- Banchine realizzate in prossimità delle rampe: per ridurre i disagi ai viaggiatori e favorire un rapido incarozzamento dopo le operazioni di carico del veicolo, sarebbe opportuno provvedere alla progettazione di nuove banchine realizzate nei pressi delle aste di carico così da annullare i tempi morti che intercorrono tra il carico del veicolo privato e la salita a bordo del treno (e viceversa).
- Servizi per gli utenti: in prossimità del terminal, occorre progettare anche attività per il ristoro dei viaggiatori e servizi igienici, in modo tale da non costringere gli utenti a raggiungere l'edificio principale della stazione a piedi.

Faccio presente che questi aspetti appena considerati non si applicano solo all'area in questione ma, in generale, a tutti gli spazi potenzialmente adatti ad accogliere tali speciali convogli.

### 6.3.3 Alessandria

La necessità di dover riprogettare completamente l'ex terminal della stazione di Torino Porta Nuova, può portare ad una seconda ipotesi ai fini della pianificazione dello scenario. Mantenendo infatti il capolinea presso la stazione di Torino Porta Nuova, si potrebbe pensare di eseguire le sole operazioni di carico e scarico veicoli presso la stazione di Alessandria, distante circa 90 km in auto dal capoluogo piemontese (Figura 6.4).

L'impianto alessandrino è stato un importante polo per i servizi auto + treno nazionali ed internazionali. Era stato, infatti, individuato da Arenaways come impianto per i propri servizi *Trenhotel* (Figura 2.7) e, fino al 2017, è stato capolinea di numerosi servizi *Autozug* e *AutoSlaapTrein* diretti verso Germania, Austria e Paesi Bassi.

L'importanza di tale impianto all'interno del sistema auto + treno risiede nella sua posizione strategica, al centro del triangolo Torino-Milano-Genova,

grazie alla quale, in circa un'ora di viaggio in auto, è possibile sia raggiungere l'area alpina sia la riviera ligure.

Nonostante ciò, però, il movimento di viaggiatori è in costante declino da anni in quanto, nonostante un intenso traffico a medio e corto raggio, la città è stata tagliata fuori dalla rete AV e ha visto continue riduzioni ai collegamenti verso il centro ed il sud Italia. Da questo punto potrebbe partire un interessante ragionamento sulle possibilità di reimpiego a fini turistici del terminal di carico veicoli ancora presente ed in buone condizioni presente in un'area adiacente alla stazione (Figura 6.4).

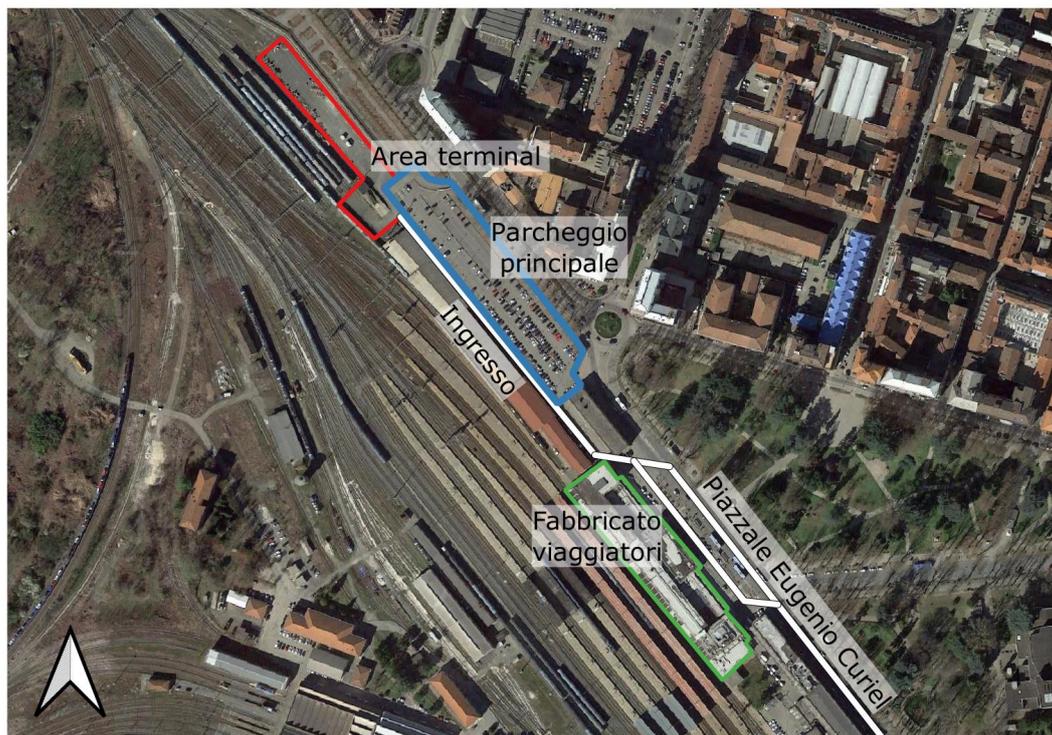


Figura 6.4: Stazione di Alessandria con annesso terminal di carico e scarico veicoli. Elaborazione personale (QGIS).

Il terminal presenta un'estensione di circa  $3700 m^2$  e comprende un parcheggio per i veicoli e due aste di carico dotate di quattro rampe fisse per il movimento dei mezzi privati. Adiacente ad esso è presente un secondo ampio parcheggio a servizio della stazione. L'impianto è ben collegato alla viabilità cittadina e alle arterie autostradali che lambiscono l'area, ovvero la A21 e la A26.

In conclusione, al di là degli aspetti gestionali già menzionati in precedenza ai quali l'impianto dovrebbe adattarsi per garantire un servizio adatto agli attuali standard di qualità richiesti dai viaggiatori, lo scalo può essere preso in considerazione per l'espletamento di servizi auto + treno.

I motivi che mi hanno spinto a *non* considerare questa soluzione risiedono essenzialmente nel dover separare le operazioni di incarrozzamento dei viaggiatori, principalmente effettuate nella stazione di Torino Porta Nuova, da

quelle di movimento mezzi nella stazione di Alessandria. Ciò infatti, potrebbe portare a ritardi e maggiori complessità nella composizione dei convogli.

Ai fini del lavoro in esame, dunque, lo scalo di Alessandria risulterebbe appetibile solo per coloro che sono interessati al carico del mezzo privato, mentre sarebbe più efficace valutare Torino e Verona come gli unici centroidi di origine per il nord Italia.

Si specifica però che, nel caso in cui l'autorità politica ritenesse che un servizio analogo su Alessandria possa avere un'utilità sociale per la collettività, soprattutto ai fini di maggiore esposizione turistica delle aree circostanti, si dovrebbe ricorrere ad indagini più approfondite, conducendo ad esempio analisi costi - benefici per valutare le opportunità legate alla riapertura dell'impianto.

### 6.3.4 Bari

Per quanto riguarda l'impianto di riferimento per l'area sud-est, non si sono trovati gli estremi per poter pianificare la progettazione di un terminal adiacente alla stazione di Lecce, la quale, però, potrebbe rappresentare comunque il capolinea meridionale delle corse. Pertanto farò riferimento a quello di Bari Centrale, il quale rappresentava il principale capolinea pugliese dei soppressi servizi Espressi con auto al seguito. Esso, inoltre, presenta una posizione baricentrica rispetto alla città salentina, consentendo di abbracciare un bacino potenziale maggiore.

Purtroppo, a differenza di quanto accaduto con alcune stazioni del nord Italia, il servizio auto + treno al sud è cessato con la soppressione dei servizi di Trenitalia nel 2011. Ad oggi, dunque, tutti gli scali un tempo attivi sono chiusi e in stato di abbandono, oppure riconvertiti a parcheggio.

Nessun impianto consente dunque una rapida riattivazione del servizio, a testimonianza della necessità di un'azione corale volta alla reintroduzione di questo modo di viaggiare che coinvolga, oltre alle imprese ferroviarie e al gestore dell'infrastruttura, anche i decisori politici locali.

Il caso di Bari non fa eccezione. Lo spazio dell'ex terminal è racchiuso fra la stazione FS e quella delle Ferrovie Appulo Lucane ed è stato, in seguito allo smantellamento dell'impianto di Brindisi Marittima, il principale, nonché unico, punto di carico e scarico veicoli pugliese adatto a svolgere i servizi in esame diretti verso il nord Italia. A ciò si aggiunge il pregio di essere situato in una posizione baricentrica a livello regionale, rendendo agevoli i collegamenti verso la provincia di Foggia a nord e quelle di Brindisi, Lecce e Taranto a sud.

Originariamente, questo scalo, esteso su una superficie di circa 3000  $m^2$ , consisteva in una coppia di aste di carico, comprensiva di altrettante rampe, e di una via di ingresso, dotata di parcheggi laterali, con accesso diretto su Piazza Aldo Moro, dinanzi al fabbricato viaggiatori principale (Figura 6.5).

Tale schema è rimasto invariato fino a circa dieci anni fa, in quanto poi l'intero terminal è stato smantellato, le rampe sono state eliminate e, a differenza di quanto verificatosi nel caso di Torino Porta Nuova, anche l'armamento ferroviario dedicato è stato rimosso. Al giorno d'oggi, quindi, l'intera area risulta totalmente isolata e separata fisicamente dal resto della linea. Di conseguenza,

gli interventi finalizzati al ripristino di un terminal auto su treno riguarderebbero in toto tutti gli aspetti infrastrutturali e gestionali, a partire dalla posa di nuovi binari e al posizionamento di nuove rampe. Anche in questo caso potrebbe essere interessante valutare l'impiego di rampe mobili a sostituzione di più onerose e meno versatili rampe fisse e la progettazione di nuove banchine adiacenti alle aste di carico e scarico dei carri.

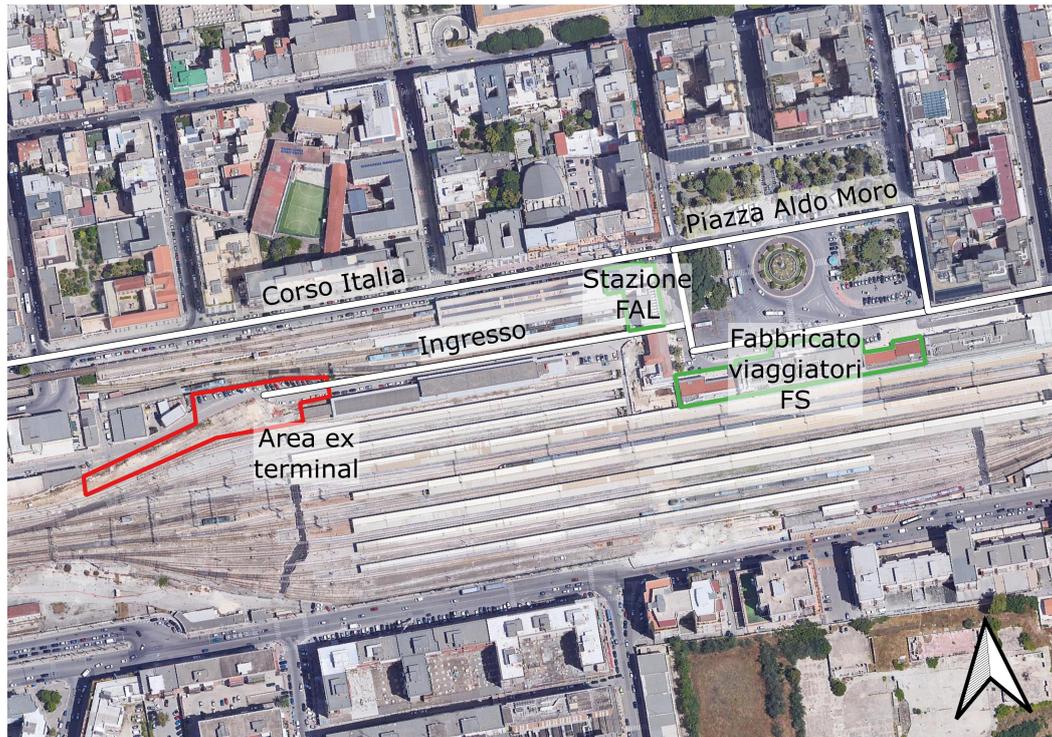


Figura 6.5: Stazione di Bari Centrale con area dell'ex terminal evidenziata. Elaborazione personale (QGIS).

In un primo momento si era anche presa in considerazione una quinta stazione, ovvero quella di *Bari Parco Sud*, distante circa 3 km dalla stazione centrale del capoluogo pugliese in direzione Lecce (Figura 6.6). Tale impianto era in passato capolinea di numerosi treni Espressi dotati di carri bisarca in quanto dotato di un terminal dedicato alle operazioni di manovra di questi convogli. Nel 2011, però, quando cessarono i servizi auto al seguito di Trenitalia, fu smantellato l'intero fascio binari dedicato, in maniera analoga a quanto accaduto a diverse infrastrutture simili.

Ad oggi, l'impianto giace in parziale stato di abbandono, sono attivi solo due binari sui quali si effettuano le fermate dei treni regionali diretti verso Fasano e Lecce (e viceversa), gli altri treni transitano solamente. Per quanto riguarda le aste di carico dei veicoli, l'unica traccia rimasta dell'ex terminal è la presenza della rampe fisse, l'armamento ferroviario, invece, non è più stato ripristinato.

Sarebbe stato interessante valutare la fattibilità di realizzare le operazioni di movimento veicoli e la salita dei relativi utenti in quest'impianto per poi



Figura 6.6: Impianto di Bari Parco Sud (Fonte: *Real Estate Opportunities Book - FS Sistemi Urbani*)

far attestare il treno presso Bari Centrale e consentire la salita dei rimanenti viaggiatori a bordo. Purtroppo, però, tale alternativa è stata esclusa a causa della futura attivazione della variante tra Bari Centrale e Bari Torre a Mare. Il vecchio tracciato, sul quale insiste l'impianto di Bari Parco Sud, verrà dismesso e, di conseguenza, verranno soppresse le stazioni presenti, perciò si renderà di fatto inutile l'idea di rendere nuovamente operativo il fascio binari al suo originale utilizzo.

La riqualificazione di quest'area di circa  $20.000 m^2$  è attualmente in carico a FS Sistemi Urbani, il quale compito è di valorizzare gli asset del Gruppo FS non più funzionali all'esercizio ferroviario.

## 6.4 Tempi di percorrenza e traccia oraria

Una volta definite le caratteristiche principali delle infrastrutture individuate per consentire l'espletamento di un servizio auto + treno lungo la direttrice adriatica, sono passato alla definizione di una ipotetica traccia oraria da assegnare ai treni.

Prima di procedere con la richiesta formale di traccia oraria, da prevedere in una fase successiva della pianificazione, occorre avere chiara idea dei tempi di percorrenza previsti, così da valutare gli orari di partenza, arrivo, sosta e transito dei convogli in esame e, di conseguenza, dedurre le fasce di tempo in cui questi andranno ad occupare la linea.

Il collegamento pianificato si compone di tratte differenti, di seguito elencate:

- tratta Torino - Alessandria - Tortona - Piacenza e Piacenza - Bologna, limitatamente al convoglio da/per Torino;
- tratta Verona - Bologna, limitatamente al convoglio da/per Verona;
- tratta Bologna - Ancona - Bari - Lecce.

Si specifica che, per ogni linea considerata, lo scartamento è di 1435 mm e l'elettrificazione a 3000 V a corrente continua. Le lunghezze considerate sono, invece pari a **989 km** per la tratta Verona - Lecce e di **1134 km** per quella Torino - Lecce. Per ulteriori informazioni in merito alle tratte in esame, si rimanda ai relativi Fascicoli Linea (Tabella 6.1).

<b>Tratta</b>	<b>N° Fascicolo</b>
Torino P.N. - Alessandria	3
Alessandria - Piacenza	33
Piacenza - Bologna C.le	82
Verona P.N. - Poggio Rusco	43
Poggio Rusco - Bologna C.le	88
Bologna C.le - Rimini	84
Rimini - Ancona	102
Ancona - Pescara	103
Pescara - Termoli	104
Termoli - Bari C.le	132
Bari C.le - Lecce	133

Tabella 6.1: Fascicoli Linea analizzati.

Per quanto riguarda le fermate intermedie da effettuare, bisogna considerare che questo tipo di collegamento è rivolto quasi esclusivamente a coloro che viaggiano da un capolinea all'altro, in particolare se si considerano viaggiatori con il proprio mezzo al seguito. L'idea alla base di questo tipo di progetto è quella di offrire ai viaggiatori un collegamento rapido e competitivo con altre forme di trasporto, favorendo in particolare i territori interessati ad accogliere il nuovo servizio.

Tuttavia, nelle fasi iniziali e finali del viaggio, si potrebbero considerare delle brevi soste intermedie, consentendo la sola salita nelle prime fasi del tragitto e la sola discesa verso il termine dello stesso, cercando così di limitare al contempo il numero di fermate effettuate nel corso della notte per evitare disagio ai viaggiatori e i tempi di percorrenza. Ad esempio, si potrebbe pensare di prevedere delle soste nelle sole Regioni di partenza ed arrivo considerate, al fine di attrarre gli utenti verso il nuovo servizio, promuovendo al contempo anche il turismo locale agendo di comune accordo con i decisori politici territoriali. Sulla base dell'attuale offerta ferroviaria e dell'andamento dei flussi di viaggiatori nelle Regioni considerate, ho riportato in Tabella 6.2 le fermate intermedie da poter considerare per i due casi studio individuati.

<b>Fermate</b>	
<b>VR-BA-LE</b>	<b>TO-BA-LE</b>
Verona P.N. - <b>auto</b>	Torino P.N. - <b>auto</b>
Foggia	Alessandria
Barletta	Foggia
Bari C.le - <b>auto</b>	Barletta
Brindisi	Bari C.le - <b>auto</b>
Lecce	Brindisi
-	Lecce

Tabella 6.2: Stazioni servite, in grassetto le stazioni presso cui si considerano il carico e lo scarico dei veicoli.

Sulla base di quanto detto, ho dunque proposto un'ipotesi di orario, la quale poi, in fase di progettazione operativa, dovrà essere confrontata con la reale circolazione sulle linee considerate al fine di poter ottenere una traccia che soddisfi al contempo le esigenze dell'impresa ferroviaria e del gestore dell'infrastruttura (Tab. 6.3, 6.4, 6.5, 6.6).

Gli orari ipotizzati sono stati calcolati sulla base degli orari grafici relativi agli attuali convogli "Trenitalia" circolanti, in particolare, si è fatto riferimento ai collegamenti ICN presenti lungo la linea adriatica, i quali però presenteranno tempi di percorrenza superiori ai servizi pianificati per via del maggior numero di fermate previste.

Per la definizione degli orari presentati, ho poi considerato:

- dei tempi di completamento delle operazioni di carico e scarico veicoli pari a **30 minuti ognuno**;
- un tempo di preparazione del convoglio in partenza e in arrivo di **20 minuti** per consentire l'aggancio/sgancio dei carri alle vetture. Ciò comporta che i veicoli stradali dovranno giungere al terminal di carico almeno 50 minuti prima dell'orario di partenza indicato.;
- dei tempi di manovra presso la stazione di Bari Centrale anch'essi pari a **20 minuti**, per consentire lo sgancio/aggancio dei carri bisarca. Si specifica che, durante tali operazioni, non sarà consentita la salita/discesa dei passeggeri;
- dei tempi di sosta presso le altre stazioni intermedie pari a **2 minuti**;
- un orario d'arrivo in mattinata.

	<b>Inizio</b>	<b>Fine</b>
<b>Carico veicoli</b>	22:30	23:00
<b>Stazioni</b>	<b>Arrivo</b>	<b>Partenza</b>
Verona P.N.	-	23:20
Foggia	06:40	06:42
Barletta	07:22	07:24
Bari C.le	08:09	08:29
Brindisi	09:29	09:31
Lecce	10:01	-
<b>Scarico veicoli (Bari)</b>	<b>Inizio</b>	<b>Fine</b>
	08:29	08:59

Tabella 6.3: Traccia oraria ipotizzata lungo la direttrice Verona-Bari-Lecce.

	<b>Inizio</b>	<b>Fine</b>
<b>Carico veicoli</b>	22:30	23:00
<b>Stazioni</b>	<b>Arrivo</b>	<b>Partenza</b>
Torino P.N.	-	23:20
Alessandria	00:10	00:12
Foggia	07:41	07:43
Barletta	08:23	08:25
Bari C.le	09:10	09:30
Brindisi	10:36	10:38
Lecce	11:20	-
<b>Scarico veicoli (Bari)</b>	<b>Inizio</b>	<b>Fine</b>
	09:30	10:00

Tabella 6.4: Traccia oraria ipotizzata lungo la direttrice Torino-Bari-Lecce.

	<b>Inizio</b>	<b>Fine</b>
<b>Carico veicoli (Bari)</b>	22:32	23:02
<b>Stazioni</b>	<b>Arrivo</b>	<b>Partenza</b>
Lecce	-	21:32
Brindisi	22:00	22:02
Bari C.le	23:02	23:22
Barletta	00:07	00:09
Foggia	00:49	00:51
Verona P.N.	08:12	-
<b>Scarico veicoli</b>	<b>Inizio</b>	<b>Fine</b>
	08:32	09:02

Tabella 6.5: Traccia oraria ipotizzata lungo la direttrice Lecce-Bari-Verona.

	<b>Inizio</b>	<b>Fine</b>
<b>Carico veicoli (Bari)</b>	22:02	22:32
<b>Stazioni</b>	<b>Arrivo</b>	<b>Partenza</b>
Lecce	-	21:02
Brindisi	21:30	21:32
Bari C.le	22:32	22:52
Barletta	23:37	23:39
Foggia	00:19	00:21
Alessandria	07:46	07:48
Torino P.N.	09:02	-
	<b>Inizio</b>	<b>Fine</b>
<b>Scarico veicoli</b>	09:02	09:32

Tabella 6.6: Traccia oraria ipotizzata lungo la direttrice Lecce-Bari-Torino.

In tal modo è possibile pianificare dei servizi caratterizzati da tempi di percorrenza effettivi pari a circa:

- **10 ore e 30 minuti** per la direttrice Lecce - Verona;
- **12 ore** per il collegamento Lecce - Torino.

Le proposte di orario avanzate potrebbero risultare molto competitive. Ciò può essere dimostrato mediante un confronto con l'attuale offerta aerea verso le medesime destinazioni, in quanto non esistono ad oggi collegamenti aerei tra le città considerate tali per cui i viaggiatori siano in grado di giungere a destinazione nel primo mattino, offrendo loro la possibilità di avere quindi l'intera giornata a disposizione.

Si tenga conto, però, che le tracce proposte non tengono conto di inevitabili criticità e rallentamenti che possono verificarsi nel corso del viaggio.

- Al fine di garantire un orario di arrivo agevole per i viaggiatori è possibile, se la traccia oraria lo consente, fermare il treno per un tempo prolungato in determinate stazioni prolungando così la durata del viaggio ed evitando soste nel corso delle primissime ore del mattino. Sebbene possa sembrare contro intuitivo, aumentare il tempo di viaggio complessivo, in tali casi, può risultare vantaggioso per l'utenza, la quale avrebbe modo di giungere a destinazione ben riposati;
- Non sono da escludere inevitabili incertezze dovute a precedenze col traffico merci o lavori in corso sull'infrastruttura svolti, spesso, proprio durante le ore notturne.

Ciò spiega il perché i collegamenti passeggeri notturni sono solitamente caratterizzati da tracce orarie molto ampie, superiori ai normali tempi di percorrenza. Un approfondimento a riguardo verrà considerato nella sezione relativa ai costi di ottenimento della traccia stessa.

Per avere un'idea dello stato della rete in una determinata fascia temporale, occorre consultare l'orario grafico accessibile tramite la sezione "*Train Graph*" presente all'interno del PIC (Piattaforma Integrata Circolazione), portale web di gestione del traffico ferroviario, utilizzato per la pianificazione, la gestione e il controllo della circolazione dei treni e reso disponibile da RFI.

Si noti, infine che i convogli percorrenti le due diverse linee, sono stati opportunamente distanziati tra loro al fine di evitare mutue interferenze in partenza/arrivo e, soprattutto, durante le fasi di movimentazione dei veicoli.

## 6.5 Identificazione della domanda

Per valutare la sostenibilità del servizio lungo il collegamento **Torino/Verona-Bari-Lecce**, è necessario basarsi sui dati reali relativi ai flussi di spostamento tra le aree prese in considerazione e sul tipo di utenza che si vuole intercettare. A tal proposito, si parta da quanto detto in 3.1.

I dati che di seguito verranno esposti prendono in considerazione i soli spostamenti a fini turistici realizzati lungo la direttrice da me presa in considerazione da parte di viaggiatori italiani. In particolare, occorre avere a tal proposito ben chiare le definizioni dei due principali indicatori di riferimento per i flussi turistici, ovvero gli *arrivi* e le *presenze*:

- gli **ARRIVI TURISTICI** rappresentano il numero di clienti, italiani e stranieri, ospitati negli esercizi ricettivi (alberghieri o complementari) nel periodo considerato;
- le **PRESENZE TURISTICHE** indicano il numero delle notti trascorse dai clienti negli esercizi ricettivi (alberghieri o complementari). Una singola persona può fermarsi per più giorni.

Si farà dunque riferimento agli arrivi turistici, sebbene ciò escluda quei viaggiatori che non soggiornano in esercizi ricettivi, come coloro che hanno ammesso di spostarsi per visite a parenti e soggiornare in abitazioni di proprietà. Se da un lato ciò può sembrare limitante e poco affine alla realtà, si tengano in considerazione i seguenti punti, relativi al biennio 2021-2022, in base ai quali ho motivato la mia scelta (Fonte: ISTAT, 2022):

- le vacanze di piacere/svago continuano ad essere la motivazione principale di viaggio (92,2%);
- le vacanze per visite a parenti e amici sono molto contenute e pari ad appena il 5,3%;
- meno di un viaggiatore su 10 si sposta per motivi di lavoro. Su circa 45/50 milioni di viaggi stimati nel corso del 2022, meno di 3 milioni sono da attribuire a questa motivazione.

Ho dunque consultato i differenti portali regionali di statistica per estrapolare i dati turistici di mio interesse e realizzare una matrice O/D su larga scala basata sui tre centroidi fondamentali già introdotti, ovvero le città di Torino, Verona e Bari.

Faccio presente che, in virtù della progressiva ripresa dei flussi turistici dopo il biennio 2020-2021, prenderò in considerazione i dati di spostamento del 2022, durante il quale l'entità dei flussi di viaggiatori è tornata ad essere comparabile con quella del periodo pre-pandemico.

Poiché, però, il mio interesse risiede nel dare valenza provinciale e regionale ad un servizio a lunga percorrenza come quello in esame, ho cercato di dare un respiro più ampio al progetto e di avere una visione d'insieme dei potenziali benefici che un tale collegamento può apportare ad un intero territorio, andando a considerare i dati relativi ai flussi regionali e provinciali.

A dimostrazione di ciò si vedano le Figure 6.7, 6.8, 6.9 in cui ho rappresentato, tramite il plugin *TravelTime* di QGIS, differenti isocrone di riferimento volte ad analizzare le aree raggiungibili tramite il proprio mezzo privato in differenti intervalli di tempo, avendo come centro dello studio i terminal individuati.

L'analisi è molto interessante, in quanto, a seconda dell'intervallo di tempo che gli utenti reputano tollerabile per raggiungere la stazione ferroviaria con il proprio mezzo privato per poi caricare quest'ultimo sul treno, si mostrano bacini di utenza particolarmente interessanti, che abbracciano differenti province, creando interesse da parte dei viaggiatori verso il nuovo collegamento proposto. In particolare, si noti che, nel caso in cui gli utenti tollerino un tempo di accesso superiore ai sessanta minuti, sarebbe possibile inglobare potenzialmente nello studio anche i flussi di viaggiatori provenienti da Regioni limitrofe, ad esempio si potrebbero considerare:

- Valle d'Aosta e Liguria per quanto riguarda gli spostamenti afferenti su Torino;
- le Province autonome di Trento e Bolzano per quanto riguarda Verona;
- la Provincia di Matera per quanto riguarda Bari.

Ovviamente, resta valido anche il discorso inverso: la reintroduzione del servizio auto al seguito a bordo di treni notturni consentirebbe un più facile accesso verso le aree interne una volta arrivati a destinazione, diminuendo fortemente i tempi di guida e consentendo ai viaggiatori di sfruttare i vantaggi offerti dal mezzo privato, ovvero flessibilità e capillarità, soltanto per l'ultimo tratto del viaggio.

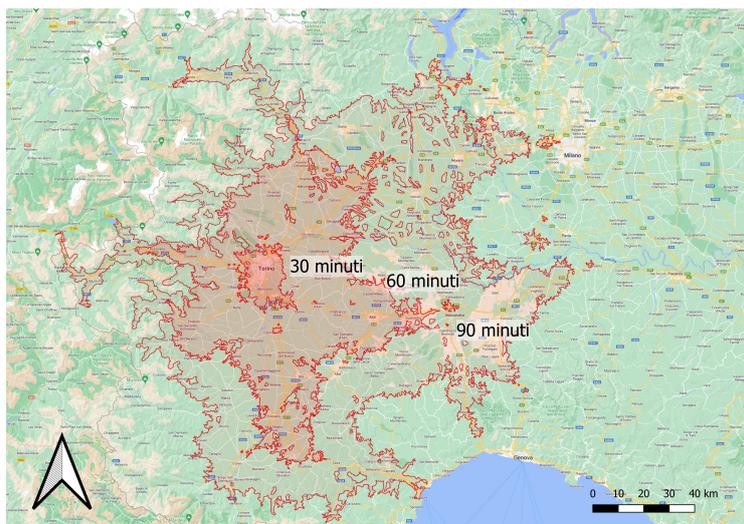


Figura 6.7: Isocrone riferite alla stazione di Torino Porta Nuova. Elaborazione personale (QGIS).

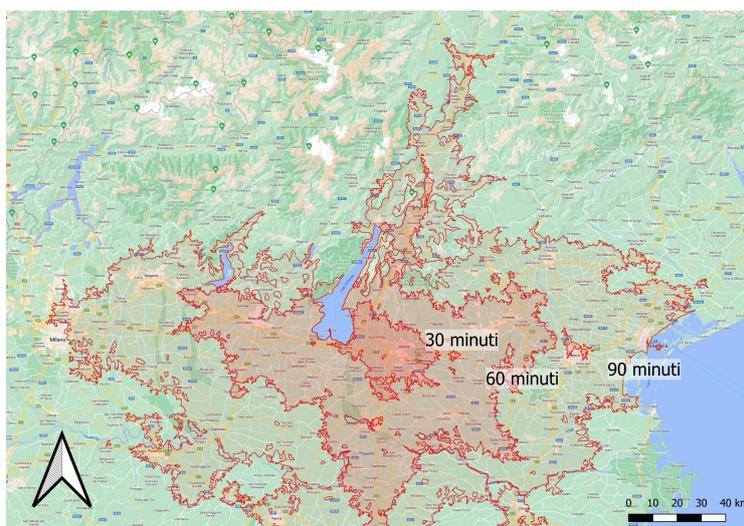


Figura 6.8: Isocrone riferite alla stazione di Verona Porta Nuova. Elaborazione personale (QGIS).

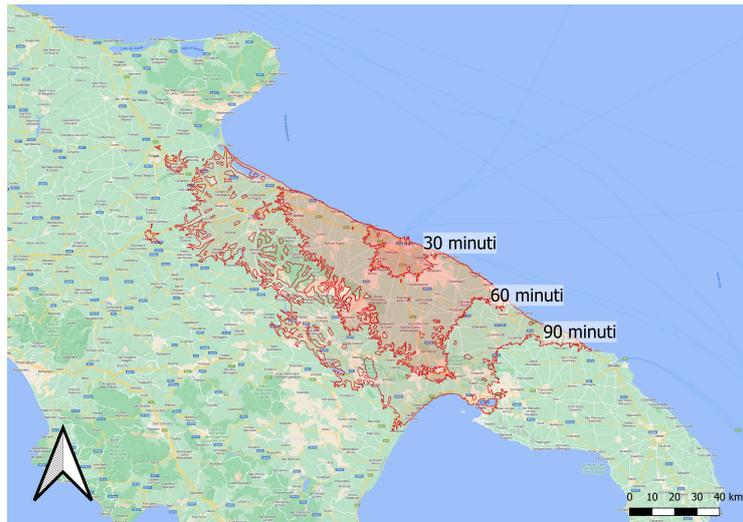


Figura 6.9: Isocrone riferite alla stazione di Bari Centrale. Elaborazione personale (QGIS).

Per questo studio, ho dunque individuato tre macroaree, così caratterizzate (Figura 6.10):

- AREA NORD OVEST: Area metropolitana di Torino e Provincia di Alessandria;
- AREA NORD EST: Provincia di Verona e Provincia Autonoma di Trento;
- AREA SUD EST: Regione Puglia.



Figura 6.10: Suddivisione del territorio italiano in province con evidenziate le tre aree di O/D prese in considerazione. Elaborazione personale (QGIS).

Dopo aver consultato i relativi portali regionali, ho trasferito i dati all'interno di un file Excel creato appositamente per lo studio di questi e ho considerato i seguenti passaggi:

- ho individuato gli spostamenti registrati tra le O/D considerate in modo tale da ottenere una matrice di dati aggregati;
- poiché il servizio sarebbe in grado di catturare solo una parziale nicchia di viaggiatori rispetto al totale degli spostamenti, ho ridotto questi valori del 70% al fine di considerare solo i viaggiatori soliti a viaggiare nel primo mattino o nelle ore serali, nell'ipotesi di considerare dei flussi distribuiti in maniera omogenea nel corso di una giornata;
- sulla base delle percentuali raccolte tramite il questionario, ho suddiviso i viaggiatori tra:
  - coloro che tipicamente prendono in considerazione il proprio veicolo per compiere lunghi spostamenti (**48%**);
  - coloro che invece usufruiscono abitualmente di mezzi di trasporto collettivo (**52%**).

Ciò è stato fatto al fine di dividere i viaggiatori fra coloro che potrebbero essere interessati all'opzione di carico del proprio mezzo e coloro che invece non lo sono;

- in seguito, ho calcolato il numero di utenti ipotetici applicando i risultati del modello realizzato. Ciò è stato fatto valutando tre diverse casistiche a seconda del livello di comfort considerato;
- ho ricavato, infine, il numero medio di utenti del servizio ferroviario per giorno di viaggio;

La consultazione dei portali regionali, mi ha portato all'individuazione dei flussi di viaggiatori riassunti sinteticamente in Tabella 6.7:

O/D	Area SE	Area NE	Area NO	TOT.
Area SE	-	113.380	119.790	<b>233.170</b>
Area NE	159.709	-	-	
Area NO	117.205	-	-	
<b>TOT.</b>	<b>276.914</b>			

Tabella 6.7: Flussi turistici tra le macroaree considerate. Anno 2022. (Fonti: Osservatorio del Turismo Regione Puglia, Ufficio di Statistica Regione Veneto, Sistema Piemonte - Osservatorio del Turismo, Istituto di Statistica della Provincia Autonoma di Trento, ISPAT).

Dai risultati emergono subito alcuni aspetti interessanti, in particolare:

- come atteso, i maggiori flussi si hanno da nord verso sud, soprattutto grazie ai flussi verso le località balneari del meridione;
- si noti il potenziale della tratta collegante la Puglia con Verona, l'area del Lago di Garda e le vicine località alpine del Trentino. Tali aree presentano una forte vocazione turistica, e un servizio auto + treno renderebbe maggiormente accessibili soprattutto le zone più interne e meno raggiungibili con mezzi di trasporto collettivo.

A questo punto, sono passato al calcolo del numero potenziale di utenti attratti dal servizio.

- Per prima cosa, come già introdotto precedentemente, ho ridotto i valori sopra riportati del 70% per escludere quella quota parte di viaggiatori che continuerà a muoversi nelle ore centrali. Difatti, il treno mira a catturare prevalentemente quei viaggiatori che si spostano nelle ore serali o nelle prime ore del mattino, pertanto ho ritenuto valida questa ipotesi;
- In seguito ho diviso il totale dei viaggiatori in due gruppi a seconda del loro interesse ( $U_a$ ) o meno ( $U_{na}$ ) verso l'utilizzo del veicolo privato, applicando le percentuali ricavate dal questionario (6.1, 6.2).

$$u_a = 0,48 * U \quad (6.1)$$

$$u_{na} = 0,52 * U \quad (6.2)$$

in cui:

- $U$  = utenti totali che si spostano tra una generica coppia O/D;
- $u_a$  = utenti potenzialmente interessati al trasporto del veicolo privato;
- $u_{na}$  = utenti non interessati al trasporto del veicolo privato ma potenzialmente interessati a viaggiare a bordo di un treno notturno;

Sulla base di ciò, riporto le nuove matrici O/D aggiornate con le correzioni applicate, la prima di esse relativa al gruppo di viaggiatori rivolti verso l'utilizzo del mezzo privato (Tabella 6.8) e la seconda relativa a coloro che si affidano ai soli mezzi collettivi (Tabella 6.9):

O/D	Area SE	Area NE	Area NO	TOT.
Area SE	-	16.327	17.250	<b>33.576</b>
Area NE	16.099	-	-	
Area NO	16.878	-	-	
<b>TOT.</b>	<b>32.976</b>			

Tabella 6.8: Matrice O/D relativa ai soli viaggiatori potenzialmente rivolti verso l'utilizzo del mezzo privato. Anno 2022.

O/D	Area SE	Area NE	Area NO	TOT.
Area SE	-	17.687	18.687	<b>36.375</b>
Area NE	17.440	-	-	
Area NO	18.284	-	-	
<b>TOT.</b>	<b>35.724</b>			

Tabella 6.9: Matrice O/D relativa ai soli viaggiatori rivolti verso l'utilizzo di soli mezzi collettivi. Anno 2022.

Sono passato, infine, alla definizione delle percentuali di ripartizione modale, applicando il modello costruito ai casi studio individuati. I dati con cui sono stati ottenuti i seguenti risultati sono riassunti nelle seguenti Tabelle:

<b>Tratta: Verona P.N.-Bari C.le</b>			
<b>Attributi</b>	<b>Automobile</b>	<b>auto + treno</b>	<b>Aereo</b>
Tempo di viaggio	08:00 h	11:00 h	04:30 h
Costo del viaggio	150€	70€/100€/250€	90€
Costo carico del veicolo	-	90€	-
Comfort	-	*/***/*****	-

<b>Tratta: Torino P.N.-Bari C.le</b>			
<b>Attributi</b>	<b>Automobile</b>	<b>auto + treno</b>	<b>Aereo</b>
Tempo di viaggio	10:00 h	12:00 h	04:30 h
Costo del viaggio	200€	70€/100€/250€	90€
Costo carico del veicolo	-	90€	-
Comfort	-	*/***/*****	-

Tabella 6.10: Valori degli attributi scelti per il caso studio comprendente l'alternativa auto + treno.

<b>Tratta: Verona P.N.-Lecce</b>			
<b>Attributi</b>	<b>Treno notturno</b>	<b>Aereo (mattina)</b>	<b>Aereo (sera)</b>
Tempo di viaggio	11:10 h	04:30 h	04:30 h
Costo del viaggio	70€/100€/250€	90€	140€
Comfort	*/***/*****	-	-

<b>Tratta: Torino P.N.-Lecce</b>			
<b>Attributi</b>	<b>Treno notturno</b>	<b>Aereo (mattina)</b>	<b>Aereo (sera)</b>
Tempo di viaggio	12:30 h	04:30 h	04:30 h
Costo del viaggio	70€/100€/250€	90€	140€
Comfort	*/***/*****	-	-

Tabella 6.11: Valori degli attributi scelti per il caso studio *non* comprendente l'alternativa auto + treno.

Faccio presente che i tempi di percorrenza del treno sono stati aumentati seguendo le stesse considerazioni fatte in fase di quantificazione degli attributi, ovvero aumentando di 30 minuti i tempi di viaggio stimati per tener conto dei tempi di accesso in stazione. Si riportano, infine, i risultati finali della ripartizione modale, individuando le percentuali di scelta ottenute dal modello per i singoli livelli di comfort (Tab. 6.12 e 6.13).

<b>Tratta: Verona P.N.-Bari C.le-Lecce</b>			
<b>Lv. comfort treno</b>	<b>*</b>	<b>***</b>	<b>*****</b>
<b>Auto</b>	43%	36%	48%
<b>Auto + Treno</b>	22%	35%	14%
<b>Aereo</b>	34%	30%	38%

<b>Tratta: Torino P.N.-Lecce</b>			
<b>Lv. comfort treno</b>	<b>*</b>	<b>***</b>	<b>*****</b>
<b>Auto</b>	41%	35%	46%
<b>Auto + Treno</b>	23%	35%	14%
<b>Aereo</b>	36%	30%	40%

Tabella 6.12: Percentuali di scelta modale per il caso studio comprensivo di trasporto del veicolo privato.

<b>Tratta: Verona P.N.-Lecce</b>			
<b>Lv. comfort treno</b>	<b>*</b>	<b>***</b>	<b>*****</b>
<b>Treno</b>	37%	45%	9%
<b>Aereo (mattina)</b>	52%	46%	76%
<b>Aereo (sera)</b>	10%	9%	15%

<b>Tratta: Torino P.N.-Bari C.le-Lecce</b>			
<b>Lv. comfort treno</b>	<b>*</b>	<b>***</b>	<b>*****</b>
<b>Treno</b>	35%	43%	8%
<b>Aereo (mattina)</b>	54%	48%	77%
<b>Aereo (sera)</b>	11%	9%	15%

Tabella 6.13: Percentuali di scelta modale per il caso studio non comprensivo di trasporto del veicolo privato.

Le percentuali ricavate sono state dunque impiegate per ricavare i passeggeri annuali che il servizio sarebbe potenzialmente in grado di attrarre. Le Tabelle 6.14 e 6.15 di seguito esposte riassumono i risultati ricavati dal modello costruito sulla base dei dati di input raccolti nelle Tabelle 6.8 e 6.9:

<b>Tratta: Verona P.N. - Bari C.le - Lecce</b>	
<b>Lv. comfort treno</b>	<b>PAX/anno</b>
*	10.108
***	13.483
*****	3.857
TOT.	27.448
<b>Tratta: Lecce - Bari C.le - Verona P.N.</b>	
<b>Lv. comfort treno</b>	<b>PAX/anno</b>
*	10.252
***	13.674
*****	3.911
TOT.	27.837

Tabella 6.14: Flussi annuali di passeggeri stimati lungo la direttrice Verona P.N. - Bari C.le - Lecce (e viceversa).

<b>Tratta: Torino P.N. - Bari C.le - Lecce</b>	
<b>Lv. comfort treno</b>	<b>PAX/anno</b>
*	10.254
***	13.782
*****	3.945
TOT.	27.982
<b>Tratta: Lecce - Bari C.le - Torino P.N.</b>	
<b>Lv. comfort treno</b>	<b>PAX/anno</b>
*	10.480
***	14.086
*****	4.032
TOT.	28.599

Tabella 6.15: Flussi annuali di passeggeri stimati lungo la direttrice Torino P.N. - Bari C.le - Lecce (e viceversa).

In totale, quindi, si prevede di trasportare inizialmente circa **27.000 passeggeri/anno/direzione** per ognuna delle due linee considerate.

I risultati ottenuti appaiono soddisfacenti, ma non giustificano la necessità di rendere il servizio, per lo meno fin da subito, a cadenza giornaliera, da cui conseguirebbero anche costi operativi maggiori. Infatti, dato il target di utenza di riferimento, è molto difficile che il servizio presenti un'elevata affluenza durante l'intero corso dell'anno, anzi, un tipo di utenza prettamente turistica presenta un'elevata stagionalità che porta a picchi di domanda in corrispon-

denza dei periodi di vacanza e nei weekend, contrapposti a prolungati periodi di magra (Figura 6.11).

Di conseguenza, noto il numero di passeggeri all'anno, non ho considerato un valore medio di flussi giornalieri sui quali basare le successive valutazioni, in quanto, a mio parere, troppo lontano dal reale. Al contrario, per tener conto dell'elasticità della domanda di trasporto nel corso dell'anno, ho estrapolato dai Portali Regionali del Turismo già citati l'andamento mensile degli arrivi, raggruppando poi tali informazioni in trimestri.

Successivamente ho ricavato un andamento medio dei flussi sulla base dei risultati delle singole Regioni, in modo tale da poter osservare le differenze in termini di spostamenti di viaggiatori tra i mesi di magra, tipicamente tra Ottobre e Febbraio (ad eccezione delle festività natalizie) e quelli di punta, coincidenti col periodo estivo.

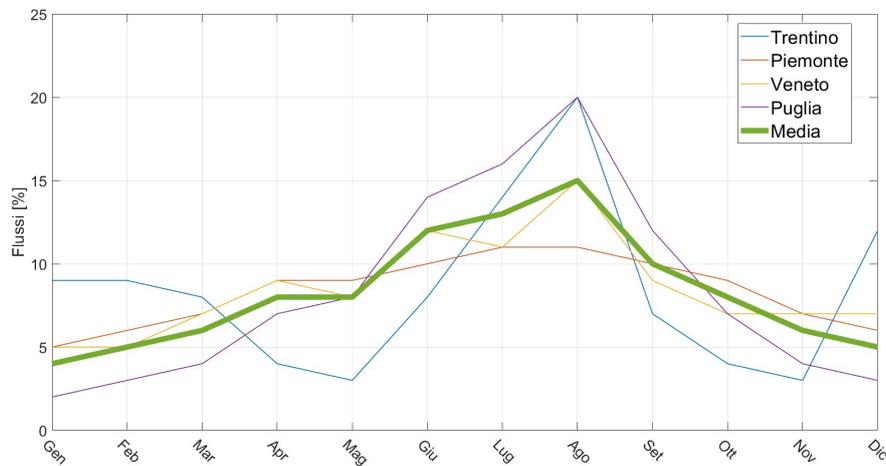


Figura 6.11: Andamento mensile dei flussi turistici per le Regioni considerate all'interno del caso studio (2022). Elaborazione personale (MATLAB).

Di conseguenza, ho considerato le percentuali medie di flussi secondo quanto esposto in Figura 6.11 e ho aggregato i dati per ogni trimestre dell'anno:

- **Gennaio - Marzo = 17% del totale;**
- **Aprile - Giugno = 25% del totale;**
- **Luglio - Settembre = 39% del totale;**
- **Ottobre - Dicembre = 19% del totale.**

In tal modo è stato possibile spalmare in maniera più accurata i viaggiatori durante l'anno, moltiplicando il totale degli stessi per le rispettive percentuali.

Ho dunque considerato solo **sei coppie di treni a settimana**. Ho ipotizzato di pianificare i collegamenti come segue:

- Verona-Lecce e Torino-Lecce, ogni **Mercoledì, Venerdì e Domenica;**

- Lecce-Verona e Lecce-Torino ogni **Lunedì, Giovedì e Sabato**.

Ragionando all'interno di una finestra temporale annuale, dunque, ciò si tradurrebbe in:

- 312 treni verso Nord (156 verso Verona P.N. e altrettanti verso Torino P.N.);
- 312 treni verso Sud (Lecce unico capolinea per entrambi i collegamenti, Bari C.le unico terminal per lo scarico dei veicoli al seguito);
- in totale, 624 corse all'anno.

Date le distanze considerate, in totale verranno dunque percorsi circa **662.380 km/anno**. Si tenga presente che questo calcolo si basa sull'assunzione che il treno effettui lo stesso numero di corse in ogni settimana dell'anno, senza considerare eventuali variazioni stagionali o di altro tipo.

Infine, ho diviso il totale dei passeggeri ricavati per ogni trimestre per il numero di viaggi effettuati nel medesimo periodo in modo tale da trovare il numero medio di viaggiatori per giorno di viaggio, il quale viene riportato, per ogni finestra temporale, in Tabella 6.16;

<b>Trimestri</b>	<b>Gen. - Mar.</b> [PAX]	<b>Apr. - Giu.</b> [PAX]	<b>Lug. - Set.</b> [PAX]	<b>Ott. - Dic.</b> [PAX]
Vr - Le	123	177	274	134
To - Le	125	180	279	136
Le - Vr	125	179	278	135
Le - To	128	184	286	139

Tabella 6.16: Passeggeri medi per giorno di viaggio.

I risultati ottenuti mi permettono di avere un'idea del numero medio di viaggiatori che potrebbe usufruire del nuovo collegamento in esame. Considerato che la capienza tipica di un treno notturno oscilla tra i 250 e i 350 posti, si può concludere che quanto presentato in Tabella 6.16 rappresenta un valido punto di partenza su cui pianificare con maggior dettaglio questo nuovo collegamento.

## 6.6 Riepilogo

In questo Capitolo ho approfondito il tema della pianificazione tattica del servizio, calando i risultati ottenuti dal modello su di un caso studio verosimile. Gli aspetti trattati possono essere riassunti nei seguenti punti:

- definizione dei servizi da garantire a bordo;
- scelta delle relazioni per il caso studio;
- infrastrutture presenti e da realizzare per il ripristino del servizio lungo le direttrici considerate;
- definizione di una traccia oraria verosimile per i collegamenti pianificati;
- applicazione del modello di analisi della domanda al caso studio sulla base dei flussi turistici registrati tra le aree in esame.

Ho applicato il modello costruito tramite la scelta di un caso studio. Ho individuato la possibilità di realizzare un servizio ad "Y" lungo la linea adriatica prevedendo due collegamenti:

- Verona-Lecce;
- Torino-Lecce.

Ho poi studiato le infrastrutture necessarie per garantire l'espletamento del servizio veicoli al seguito presso le stazioni di:

- Torino Porta Nuova;
- Verona Porta Nuova;
- Bari Centrale.

Ho scelto la stazione di Bari Centrale come centro pugliese per il servizio di trasporto veicoli, ipotizzando che la tratta Bari - Lecce venga percorsa senza i carri bisarca. Sono poi passato alla definizione di una possibile traccia oraria, specificando di voler limitare il numero di fermate e i tempi di carico e scarico dei veicoli, così da rendere più competitivo il servizio per coloro che devono spostarsi da un capolinea all'altro. Ho previsto delle fermate intermedie presso le stazioni di:

- Alessandria, limitatamente alla sola direttrice da/per Torino;
- Foggia;
- Barletta;
- Bari Centrale;

- Brindisi.

Infine, ho applicato i risultati del modello al caso studio in esame, sulla base dei flussi turistici ricavati a partire dalle macroaree prese in esame. I risultati ottenuti non hanno palesato la necessità di un servizio giornaliero tra le località, pertanto sono passato alla pianificazione di un collegamento basato su tre coppie di treni a settimana per ogni direzione.

# Capitolo 7

## Analisi finanziaria

Uno degli aspetti più incerti e meno trattati in letteratura per quanto riguarda la reintroduzione di un collegamento nazionale notturno con trasporto veicoli al seguito è certamente quello economico.

Sebbene il compito sia particolarmente arduo a causa delle proporzioni degli investimenti in gioco e della scala nazionale di interesse, reputo opportuno e stimolante condurre una valutazione semplificata del problema così da avere un'idea sommaria delle spese da sostenere per l'attivazione del programma e dei potenziali guadagni futuri.

Valutare la sola fattibilità in termini di percentuale di scelta modale potenziale mi sembra, infatti, un approccio del tutto erroneo, poiché non c'è alcun elemento che sostenga o confuti la fattibilità economica del servizio stesso.

Pertanto quanto verrà esposto nel capitolo seguente sarà frutto di approssimazioni che mirano ad introdurre e chiarificare un tema molto più esteso e che dovrebbe essere oggetto di valutazioni approfondite.

Un valido punto di partenza è lo studio condotto da Steer Davies Gleave in collaborazione col Politecnico di Milano denominato "*Research for TRAN Committee – Passenger night trains in Europe: the end of the line?*" e focalizzato sull'analisi del trasporto ferroviario passeggeri notturno in ambito europeo sotto il punto di vista economico, finanziario, sociale e ambientale [40].

A ciò si aggiunge il lavoro di tesi di Tumminello, le cui valutazioni sono state delle essenziali linee guida da seguire al fine di riprendere i concetti base introdotti ed integrarli per la mia analisi finanziaria [62].

Per semplicità, dunque, adotterò un livello di dettaglio tale da avere una visione generale dello scenario in esame e al contempo ottenere una stima ragionevole dei ricavi e dei costi connessi ad un tale servizio. Per una maggiore chiarezza espositiva, suddividerò l'analisi in due parti ben distinte:

- una prima parte atta a fornire una panoramica generale sulle spese legate alle criticità infrastrutturali che occorre affrontare al fine di reintrodurre il servizio auto al seguito su collegamenti nazionali;
- una seconda parte con la quale si affronterà in maniera semplificata il tema dei costi legati alla riattivazione del servizio da parte di un'impresa ferroviaria;

## 7.1 Costi di costruzione dell'infrastruttura

I costi di realizzazione di un terminal dedicato al servizio auto al seguito possono variare notevolmente da caso a caso a seconda di diversi fattori quali posizione, dimensioni, complessità e dotazione infrastrutturale.

Nel caso italiano, maggiori studi andrebbero eseguiti sui singoli ex-impianti ad oggi abbandonati o adibiti a parcheggi. Escludendo l'ipotesi di infrastruttura gestita da privati, si suppone che RFI, e quindi un soggetto pubblico, provveda al finanziamento delle opere, considerando non solo l'aspetto finanziario, ma anche quello economico, ovvero includendo nell'analisi costi-benefici associata gli aspetti positivi legati a questo tipo di servizio quali la riduzione delle emissioni da parte dei veicoli, la riduzione dell'incidentalità e delle congestioni lungo le principali arterie stradali e, conseguentemente, il calo dello stress di viaggio degli utenti.

Tali parametri sono complessi da analizzare, in quanto dipendenti da numerosi fattori da analizzare solo in via qualitativa. Si fa presente che, per quanto riguarda la sistemazione degli impianti in disuso, non verranno, dunque, condotte valutazioni economiche specifiche. Si tenga presente che, ovviamente, i costi in gioco dipendono dal tipo di terminal che si vuole andare a progettare.

Per il caso studio analizzato, queste spese andrebbero a gravare sui due terminal di Torino e Bari, in quanto quello di Verona è tutt'oggi attivo e non necessita di ulteriori, se non modesti, investimenti. I principali elementi che, generalmente, devono essere inclusi nell'analisi sono:

- costi di costruzione dei fabbricati: aree check-in, sale d'attesa, uffici del personale, attività commerciali, uffici del turismo per l'accoglienza dei viaggiatori, bagni pubblici, biglietteria ecc;
- costi (eventuali) di esproprio dei terreni destinati al terminal;
- spese per l'acquisto di rampe mobili o per la costruzione di nuove rampe fisse;
- costi legati al rifacimento delle aste di carico destinate ad accogliere i carri bisarca (armamento ferroviario, deviatori, segnalamento ecc.);
- costi di realizzazione di eventuali banchine adiacenti alle aste di carico;
- costi di realizzazione delle vie di accesso al terminal, dei parcheggi e della segnaletica stradale;
- costi di realizzazione dei sistemi di illuminazione e di piantumazione opere a verde.

Tipicamente, i costi legati ad infrastrutture di questo tipo e caratterizzati da dimensioni e capacità considerevoli possono variare da pochi milioni ad alcune decine di milioni di Euro. Tuttavia, poiché la mia proposta è quella di riaprire delle aree già in passato destinate a questo scopo, i costi potrebbero ridursi significativamente.

A titolo d'esempio, si può considerare l'operato di altri Paesi che negli ultimi anni hanno deciso di investire su questi tipi di collegamenti. Ad esempio, i costi di realizzazione di un semplice terminal ad unica rampa presso la stazione centrale ŽST di Bratislava, aperto nel 2014, ammontavano a circa **50.000 €** [31] [32]. Per quanto riguarda, invece, impianti di dimensioni maggiori, costituiti da diverse rampe ed edifici, i costi si aggirano intorno ai **20.000.000 €**. Ne sono un esempio i terminal di nuova generazione presso le stazioni di Helsinki-Pasila e Vienna Centrale, nonché la nuova struttura in corso di realizzazione presso la stazione di Amburgo-Eidelstedt, la quale dovrebbe aprire al traffico nel 2025 (Fig. 7.1) [27].

In conclusione, il problema delle infrastrutture dedicate ai collegamenti ferroviari con auto al seguito deve essere seriamente affrontato dai soggetti competenti se davvero si vuole riportare alla luce questo tipo di servizio. L'assenza, soprattutto al sud, di terminal dedicati comporta un impatto rilevante sugli itinerari definiti e sulle possibilità offerte dagli stessi, pertanto occorre realizzare una valutazione economica più generale al fine di comprendere se sia giustificato o no direzionare risorse monetarie verso tali progetti, destinando parte di esse al rinnovo degli ex terminal al fine di recuperare concretamente la loro attività.



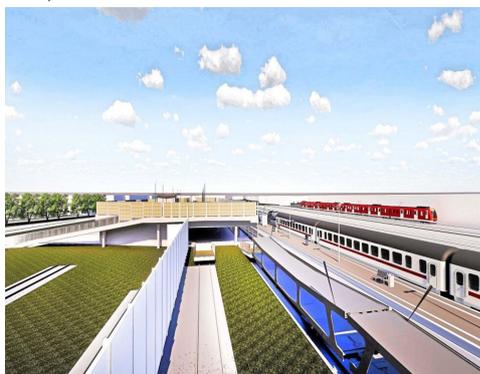
(a) Bratislava (Fonte: Autožurnál|Motoristický magazín)



(b) Helsinki-Pasila (Fonte: Wikipedia).



(c) Vienna (Fonte: ICE-treff).



(d) Amburgo-Eidelstedt (Fonte: Deutsche Bahn).

Figura 7.1: Esempi di terminal adibiti al trasporto veicoli al seguito di recente realizzazione.

## 7.2 Costi di gestione del servizio

Focalizzandoci maggiormente sulle spese che l'impresa ferroviaria dovrà sostenere, si individuano tre macrocategorie da affrontare:

- COSTI LEGATI AL MATERIALE ROTABILE;
- COSTI OPERATIVI;
- COSTI DEL PERSONALE.

Di seguito, si andranno ad affrontare singolarmente i punti individuati. Faccio presente che il tema non verrà affrontato con un livello di analisi di dettaglio, ma verranno forniti dei costi indicativi frutto di valutazioni qualitative e parametri medi.

Molti aspetti, inoltre, verranno trascurati in quanto non direttamente collegati al servizio studiato. Ipotizzando che un'impresa già strutturata decida di entrare in questo mercato, non verranno considerati aspetti quali:

- costi degli affitti legati ai locali amministrativi e commerciali;
- costi logistici;
- spese legate al personale dirigenziale;
- spese legate al rilascio della licenza e del certificato di sicurezza.

Al contrario, se ad entrare nel mercato fosse un'impresa del tutto nuova, andrebbero considerati anche tutti i costi preliminari necessari all'avviamento dell'azienda stessa [62]. Per questi ed altri aspetti occorrerebbero, dunque, analisi più approfondite mirate sulla singola azienda considerata.

### 7.2.1 Materiale rotabile

Al fine di garantire gli standard di qualità promessi, l'impresa ferroviaria dovrà dotarsi di un parco rotabili moderno ed efficiente, in modo tale da adattarsi a quanto fatto da altre aziende europee e garantire adeguati standard di comfort e sicurezza in linea con le attuali richieste dell'utenza.

Dunque, si procederà prima di tutto con l'esposizione delle differenti modalità di acquisto dei convogli, in seguito si passerà alla composizione della flotta e alla definizione dei costi annessi.

Il problema principale che le imprese interessate a collegamenti notturni passeggeri devono affrontare al giorno d'oggi è la carenza di materiale rotabile dedicato sul mercato.

Le alternative a disposizione delle imprese ferroviarie sono essenzialmente tre:

- comprare *nuovo* materiale;
- acquistare materiale *usato* e rinnovarlo;

- stipulare un contratto di *noleggio* o *leasing*.

Queste soluzioni presentano vantaggi e svantaggi sui quali ogni azienda deve compiere le proprie valutazioni:

- nel primo caso si hanno maggiori flessibilità in merito alla fornitura dei mezzi, possono però sorgere ritardi e aumenti dei costi nel caso in cui il cliente sia interessato a particolari specifiche da implementare sulle vetture. A ciò si aggiungono i problemi legati all'ottenimento delle omologazioni necessarie alla circolazione da parte delle autorità competenti e alla crisi post pandemica che ha colpito anche questo settore, rallentando la produzione di nuovi mezzi;
- nel secondo caso, invece, si ha il vantaggio di limitare i costi iniziali e anche i tempi di consegna rispetto a nuovi mezzi, allo stesso tempo, però, bisogna considerare che il materiale in questione presenta un'età significativa e il rinnovamento degli stessi, soprattutto per mezzi provenienti da altri Paesi e in virtù del rispetto delle condizioni imposte dai regolamenti nazionali e comunitari sui mezzi più vecchi, può comportare costi ingenti;
- nell'ultimo caso, infine, si potrebbe considerare l'idea di affidare il possesso di materiale rotabile ad una società di leasing (si pensi ad Akiem, Alpha Trains, MRCE, Railpool), la quale dialoga contemporaneamente con differenti operatori che invece si occuperebbero della fase operativa. Il problema da superare in tal caso risiederebbe nel rischio, da parte della società di leasing, di acquistare nuovo materiale rotabile, senza che gli operatori siano già in grado di attivare il servizio pianificato, in quanto privi di mezzi adatti. Da qui la necessità di sovvenzioni pubbliche, prestiti o garanzie per facilitare il processo.

Uno dei fattori chiave in questo processo decisionale sarà il volume dell'ordine: più è grande, più è probabile che il produttore decida di avviare la produzione, in quanto anch'egli dovrebbe fronteggiare i costi aggiuntivi di ricerca, sviluppo e approvazione di nuovo materiale. In tal modo, si avrebbe una generale riduzione dei costi complessivi, grazie ad un miglior sfruttamento delle economie di scala ed alle maggiori possibilità di negoziazione tra operatore e fornitore.

Ciò però si scontra con gli scarsi investimenti finora considerati da parte delle imprese verso la costruzione di una propria flotta moderna. Questo scoglio potrebbe essere risolto grazie alla costruzione di un *consorzio* tra imprese, in modo tale da effettuare un ordine cospicuo di vagoni letto e cuccette secondo moderni standard di comfort al fine di ridurre le spese a loro carico.

Relativamente al finanziamento del materiale ferroviario su larga scala si ha già un precedente, ovvero la Eurofima (Società europea per il finanziamento del materiale ferroviario), la quale, ad esempio, ha favorito la diffusione delle carrozze tipo Z a partire dagli anni '70. Ad essa aderiscono le principali compagnie europee, le quali, però, sono le stesse che non stanno investendo

a dovere nel mercato dei treni notturni, rendendo di fatto impraticabile tale soluzione al giorno d'oggi.

## **Locomotive**

Alla luce di quanto detto nel precedente paragrafo, le criticità legate al materiale rotabile si riflettono in primis sulle stesse locomotive. Per quanto riguarda i modelli da prendere in considerazione, si suppone che, per lo meno nelle prime fasi di attività del servizio, si impiegherà materiale rotabile già in circolazione al fine di ridurre i tempi di avviamento dei collegamenti. In Italia, però, non vi è un significativo numero di locomotive attualmente impiegate su servizi passeggeri da poter prendere in esame. I principali limiti risiedono nella potenza da garantire e nei vincoli imposti dalla normativa nazionale e comunitaria.

Relativamente al caso italiano, le locomotive adatte alla circolazione devono rispettare al contempo:

- le ultime disposizioni comunitarie imposte in seguito all'entrata in vigore del quarto pacchetto ferroviario (*Regolamento (UE) N. 1302/2014*);
- le condizioni necessarie per il rispetto delle verifiche di sicurezza imposte a livello nazionale da ANSFISA [5];
- tutti i requisiti tecnici necessari per circolare su una determinata linea, ovvero, come massa, sagoma limite, raggio di curvatura, modulo di linea, alimentazione e sistemi di sicurezza.

In merito al secondo punto, il quadro normativo nazionale limita ulteriormente la circolazione di determinate locomotive in quanto ANSFISA attua un vincolo particolarmente limitante, distinguendo tra locomotive viaggiatori e merci, complicando notevolmente la ricerca sul mercato di materiale adatto. L'Agenzia mantiene però questa distinzione in quanto, ai fini della sicurezza di circolazione, le locomotive passeggeri devono garantire standard più stringenti, sebbene tale distinguo non venga considerato in altri Paesi europei.

Nel caso in cui, dunque, si decidesse di non investire inizialmente in nuove locomotive, sarebbe necessario ricorrere a soluzioni alternative:

- si potrebbe consultare il mercato dell'usato al fine di rintracciare mezzi non più in produzione ma tutt'oggi affidabili.
- nel caso di treni internazionali, si potrebbero impiegare, dietro opportuna valutazione del rischio, locomotive merci dotate di un dispositivo, detto TB0, che consente il blocco elettrico delle porte in marcia, sciogliendo così il nodo legato al vincolo imposto in merito alla lateralizzazione delle porte (Appendice B). Ciò non è però possibile sui treni in traffico nazionale, come quelli analizzati per questo caso studio.

Per quanto riguarda i costi, una locomotiva nuova presenta un costo che si aggira intorno ai 3-4 milioni di euro. Tuttavia, nell'ipotesi di acquisire un mezzo usato, si può individuare un costo pari a **2.000.000 €** circa.

Alla luce di quanto detto, a chiusura di questo paragrafo verranno di seguito verranno proposte alcune locomotive adatte per la composizione di treni notturni comunemente operanti anche in Italia:

- TRENITALIA E.402 (Figura 7.2). Velocità massima: 200 km/h. Fuori produzione (1997-2000). Buona disponibilità, di recente messi in vendita alcuni esemplari da Trenitalia (ferrovie.it).



Figura 7.2: Trenitalia E.402B (*Wikipedia*)

- TRENITALIA E.403 (Figura 7.3). Velocità massima: 180 km/h. Fuori produzione (2005-2008). Pochi esemplari prodotti. Evoluzione del gruppo E.402.



Figura 7.3: Trenitalia E.403 (*Wikipedia*)

- TRENITALIA E.464 (Figura 7.4). Velocità massima: 160 km/h, potenza oraria di soli 3,5 MW. Fuori produzione (1999-2015). Buona disponibilità e affidabilità. Dal 2019 vengono impiegate sia per servizi regionali sia per l'espletamento di servizi Intercity e Intercity Notte.



Figura 7.4: Trenitalia E.464 (*Ultrasporti*)

Infine, non è da escludere la messa in circolazione di nuove locomotive sulla rete italiana destinate ai servizi a lunga percorrenza. Recentemente, infatti, Trenitalia ha stipulato un accordo col costruttore svizzero Stadler Rail per la fornitura di cinquanta nuove locomotive bimodali elettriche (3kV) e diesel di tipo EuroLight Dual.

I mezzi potranno essere impiegati sia sulle linee principali sia su quelle secondarie per servizi di soccorso treni e trasporto passeggeri, garantendo una potenza di 3 MW in modalità elettrica e 1,8 MW in modalità diesel con velocità massime pari a 160 km/h.



Figura 7.5: Stadler EuroLight Dual (*ferrovie.info*).

Sulla base di quanto chiarito, ho scelto di utilizzare come locomotore di riferimento la **E.402B**, la quale presenta:

- un buon compromesso tra affidabilità e costi;
- una potenza necessaria al traino di un convoglio di dimensioni considerevoli;
- un'ottima versatilità di impiego; essa, infatti, è già oggi utilizzata su gran parte dei collegamenti Intercity Notte lungo il Paese;
- una buona reperibilità sul mercato dell'usato [22].

Le principali caratteristiche tecniche del locomotore sono:

- Anni di costruzione: 1997 - 2000;
- Numero di unità costruite: 80;
- Numero di unità in circolazione (2022): 70;
- Potenza Oraria: 6000 kW;
- Potenza Continuativa: 5600 kW;
- Alimentazione: 3 kV cc - 25 kV 50Hz ca - 1,5 kV cc (mezza potenza);
- Costruttore: Ansaldo/Breda/Sofer;
- Rapporto di Trasmissione: 20/79;
- Velocità massima: 200 Km/h;
- Rodiggio: Bo' Bo';
- Diametro ruote motrici: 1.250 mm;
- Lunghezza totale: 19420 mm
- Interperno/passaggio carrelli: 10450 / 2850 mm;
- Massa in servizio: 89 t;
- Massa aderente: 89 t;

Si puntualizza, infine, che la versatilità della locomotiva scelta permette di impiegare il mezzo anche su collegamenti differenti ogniqualvolta esso non venga utilizzato per i servizi auto + treno. In tal modo si ottimizza ulteriormente la spesa diluendo l'investimento fatto in un maggior numero di ore di utilizzo e aumentando quindi la redditività dello stesso.

## Vetture passeggeri

Le criticità presentate all'inizio del Paragrafo 7.2.1 hanno portato alla luce due punti fondamentali su cui vorrei concentrarmi maggiormente:

- occorre procedere con un drastico rinnovamento della flotta di vetture letto circolanti in Italia e, più in generale, in Europa, in quanto gran parte delle vetture attualmente disponibili sul mercato sono datate e non adatte a garantire standard di comfort adeguati all'attuale offerta di viaggio;
- investire su nuove vetture non è un'operazione economicamente alla portata di operatori medio-piccoli, le grandi imprese, al contempo, non sono al momento intenzionate ad investire ingenti risorse verso il settore dei treni notturni.

Ipotizzando di mettermi nei panni di un operatore ferroviario intenzionato ad investire su nuovo materiale rotabile, ho per prima cosa individuato alcuni dei principali produttori di carrozze per treni notturni con l'obiettivo di procedere con la stipula di un ipotetico contratto. Di seguito elencherò tre potenziali fornitori, i quali modelli e attività possono essere presi come esempio per maggiori considerazioni sul tema:

- Siemens Mobility: azienda attiva in tutto il mondo che si occupa della produzione di sistemi di trasporto su rotaia e su strada. In Europa, è particolarmente attiva in Austria e Repubblica Ceca, infatti è il principale produttore di carrozze passeggeri, fra cui il nuovo stock di carrozze *Nighjet* già presentate in Figura 1.4;
- Stadler: azienda svizzera attiva principalmente nel mercato ferroviario. Offre una vasta gamma di prodotti, tra cui treni regionali, treni ad alta velocità, metropolitane e tram. La produzione di carrozze letto passeggeri non è centrale per la sua attività, ma di recente ha stretto un'importante collaborazione stipulando un nuovo contratto del valore di circa 730 milioni di euro per la fornitura di 17 treni notturni con la società norvegese *Norske Tog*;
- CAF: azienda spagnola che ha di recente ampliato il proprio portfolio grazie ai recenti accordi raggiunti per produrre il nuovo stock di treni notturni *Caledonian Sleeper* nel Regno Unito e per ampliare la flotta di treni diurni e notturni delle ferrovie ungheresi (*MÁV*).

A titolo d'esempio si potrebbe adottare un approccio basato sul garantire diverse carrozze con diversi livelli di servizio. Sulla base di tale ipotesi, è possibile prendere in considerazione le vetture prodotte da **Siemens Mobility**, in quanto sono certamente in linea con gli attuali standard di comfort richiesti dall'utenza, oltre che ad essere perfettamente interoperabili anche su rete italiana (Figura 1.4).

Nello specifico, si possono individuare tre diversi tipi di vetture:

- carrozza letto comfort con dieci scompartimenti per due persone, bagni e docce privati;
- carrozza letto standard con cuccette dotata di tre scompartimenti per quattro persone più 28 mini-cuccette. Servizi igienici condivisi e spazio dedicato per riporre passeggini e biciclette;
- carrozza dotata di sedili reclinabili, tipicamente suddivisi in undici scompartimenti da sei posti ognuno. Servizi igienici condivisi.

Per stimare il loro costo, ho ipotizzato un valore medio pari a **1.500.000 €** a vettura, consapevole però che le carrozze presenteranno un costo crescente all'aumentare del livello di servizio e che, in caso di acquisto di rotabili usati, i prezzi potrebbero essere anche inferiori [2].

Il numero totale di vetture passeggeri dipenderà dai flussi di viaggiatori stimati, con un picco di spostamenti nel periodo estivo. Ho notato, dai risultati ottenuti tramite il modello realizzato, che la maggior parte dei viaggiatori reputa come soluzione migliore quella di viaggiare scegliendo un livello di comfort intermedio, pertanto occorrerà garantire un adeguato numero di vetture con cuccette e mini-scompartimenti.

Conoscendo, dunque, il numero di passeggeri stimato per ogni livello di servizio, ho preso come riferimento un convoglio costituito da **otto vetture passeggeri**, per una capienza totale ipotizzata pari a **332 posti**. Tale capienza è più che sufficiente per il trasporto dei passeggeri stimati e, inoltre, consente ampi margini di incremento della domanda.

<b>Tipo di sistemazione</b>	<b>N° vetture</b>	<b>N°posti tot.</b>
Scompartimenti letto	2	40
Cuccette	4	160
Sedute reclinabili	2	132
<b>TOT.</b>	<b>8</b>	<b>332</b>

Tabella 7.1: Posti offerti in funzione del tipo di sistemazione e del numero di vetture in composizione.

Di conseguenza, la capacità annua in termini di posti/direttrice/direzione sarebbe:

$$332 \text{ posti/treno} \times 156 \text{ treni} = 51.792 \text{ posti} \quad (7.1)$$

Considerate le due direttrici in entrambe le direzioni, per un totale di 624 corse all'anno, si ottiene una capienza annua massima di **207.168 posti**.

### Carri per il trasporto dei veicoli

Infine, sorge il vincolo legato ai carri per il trasporto auto al seguito, la quale trattazione risulta piuttosto complessa da affrontare a causa degli scarsi investimenti fatti dai Paesi europei sul settore.

Al giorno d'oggi, in Italia, esistono solo due tipi di carri dedicati al trasporto di veicoli stradali passeggeri omologati alla circolazione lungo l'infrastruttura ferroviaria nazionale [43]:

- Carri tipo “**DDm**” marcati RIC (Regolamento Internazionale delle Carrozze) oppure furgoni che hanno ottenuto l'ammissione tecnica da RFI per la circolazione;
- Carri chiusi specializzati per il trasporto auto tipo “**Hbccqs**”, marcati RIC, provvisti di condotta ad Alta Tensione e condotta pneumatica per i servizi.

La quasi totalità di essi è però stata demolita nel corso degli anni, rendendo dunque di fatto obbligatorie due soluzioni:

- la ricerca di materiale usato all'estero;
- la richiesta di nuovi carri all'industria.

In merito ai costi legati all'acquisto di tali carri, è opportuno fornire alcuni esempi in modo tale da avere un'idea degli ordini di grandezza in gioco in termini di spesa.

A titolo d'esempio, si prenderanno in considerazione per il caso studio in esame i carri DDm per il servizio auto al seguito di proprietà ÖBB. In particolare, si tratta del modello DDm 915, con una lunghezza di circa 26 metri e una capacità fino a 18 veicoli, tra auto e moto.

Il costo indicativo di questi carri, in accordo con quanto ricavato dal report "*Rail Baltica: Preparation of the Operational Plan of the Railway*", è stato posto pari a **100.000 €** per unità.

Nuovi carri per il trasporto di veicoli stradali sono stati prodotti, come già accennato in 1.4.2, per il mercato finlandese, sebbene essi siano troppo grandi per poter essere utilizzati al di fuori della rete nazionale. Il costo unitario di ogni nuovo carro, sulla base delle informazioni, rilasciate dall'azienda VR, è di circa **400.000 €** [57].

Un'ultima opzione, attualmente più comune, è quella di acquistare o noleggiare carri DDm usati. Il costo unitario di tali elementi l'ho ricavato sulla base di un'operazione di acquisto condotta dalle ferrovie slovacche (ŽSSK) relativa all'acquisto di tre carri DDm 915 da ÖBB per un totale di 150.000 €, ovvero circa 50.000 € a unità, ai quali però va seguita una fase di riparazione straordinaria degli stessi, la quale indubbiamente porta ad un aumento dei costi [30].

Nel caso in cui, infine, si volesse pianificare un servizio charter, si possono anche noleggiare dei carri da un'azienda che ne detiene il possesso. In tal caso si può ipotizzare un costo di **150 €/giorno** per ogni carro [27].

Fatti i dovuti ragionamenti in merito alla disponibilità e ai costi dei carri bisarca, sono passato all'applicazione dei risultati del modello al caso studio. Ragionando in maniera analoga a quanto fatto per le vetture passeggeri, dai risultati ricavati emerge un picco di domanda nel corso dei mesi estivi, per i

quali si prevede di conseguenza un maggior numero di veicoli da caricare e, dunque, un maggior numero di carri in composizione.

Per una trattazione più lineare del problema, preciserò alcuni aspetti sui quali basare le mie valutazioni:

- considererò il caso più critico, ovvero quello relativo al periodo estivo, durante il quale, secondo i risultati, si registreranno i flussi più intensi e, di conseguenza, il maggior numero di veicoli da trasportare;
- non terrò conto di eventuali viaggiatori interessati a caricare mezzi a due ruote, ma solo di autoveicoli. Ciò significa che la capienza di ogni carro sarà limitata a *dieci* mezzi ( $N_{auto/carro}$ );
- mi aspetto che la maggior parte dei viaggiatori intenzionati ad usufruire del servizio auto + treno sia composta da coppie, famiglie o piccoli gruppi e non da singoli utenti. Di conseguenza, ho considerato mediamente *tre* persone per ogni veicolo caricato ( $N_{pax/auto}$ ), sebbene le statistiche nazionali in termini di riempimento dei veicoli stradali parlino di numeri ben inferiori [23];
- sulla base dei flussi medi di viaggiatori calcolati in precedenza e dei risultati del questionario, ho considerato nuovamente la sola quota parte di viaggiatori interessata a caricare il proprio veicolo ( $N_{pax}$ ) e poi ho diviso il risultato per il numero medio di viaggiatori per auto ipotizzato per ottenere il numero di auto caricate su ogni treno ( $N_{auto/treno}$ );
- Dividendo  $N_{auto/treno}$  per la capacità di ogni carro ho ottenuto il numero di carri da considerare per ogni convoglio ( $N_{carri/treno}$ ).

$$N_{pax}/N_{pax/auto} = N_{auto/treno} \quad (7.2)$$

$$N_{auto/treno}/N_{auto/carro} = N_{carri/treno} \quad (7.3)$$

Dati i valori presentati in Tabella 6.16, ho potuto calcolare il numero medio di veicoli da caricare, ottenendo dei risultati compresi tra le 15 e le 40 vetture da considerare per ogni convoglio a seconda del periodo in esame.

Sulla base delle considerazioni fatte in precedenza, ho preso come riferimento per la composizione del treno **quattro** carri bisarca per ogni convoglio, reputati sufficienti per trasportare i veicoli attesi secondo le oscillazioni della domanda nel corso dell'anno.

### Parco rotabili completo

Per il caso studio considerato, sono stati dunque riconosciuti due punti fondamentali sui quali condurre riflessioni approfondite:

- è necessario ampliare l'offerta di servizi a bordo tramite differenti tipi di carrozze passeggeri;

- è fondamentale investire nell'acquisto di materiale rotabile, in particolare vetture letto e carri per il trasporto di veicoli.

Sebbene sia un'ipotesi piuttosto forte, considerare convogli dedicati solo a tali tratte mi permette di pormi nel caso peggiore, ovvero quello in cui i mezzi pesano solo sulle due tratte e non vengono impiegati in altro modo. Naturalmente, in un caso reale, si cercherà di ottimizzare i costi tenendo fermi i convogli il meno possibile, così da aumentare la loro resa e limitare i costi legati al loro fermo.

Ho quindi deciso di ragionare su un totale di due convogli comunemente impiegati per l'esercizio, tenendo poi come scorta una quantità pari al 20%/25% del materiale rimorchiato utilizzato.

In totale, dunque, il parco rotabili sarà così composto:

- 2 locomotive;
- 5 carrozze letto (4 in esercizio + 1 di riserva);
- 10 carrozze con cuccette (8 in esercizio + 2 di riserva);
- 5 carrozze con sedili reclinabili (4 in esercizio + 1 di riserva);
- 10 carri porta veicoli (8 in esercizio + 2 di riserva)

Come già espresso, ogni convoglio in circolazione si dedicherà ad una sola direttrice, effettuando tre viaggi a settimana verso sud e tre verso nord. Un singolo convoglio giungerà a destinazione nelle prime ore del mattino e, dopo alcune ore di sosta presso un fascio di ricovero nei pressi del capolinea, compirà lo stesso viaggio in direzione inversa.

Ho scelto per semplicità di considerare una composizione standard per tutti i convogli. Ciò non toglie che, tipicamente, tali treni presentano una configurazione non bloccata, la quale consente di comporre, tagliare e ricomporre il treno in qualsiasi stazione tramite operazioni di manovra.

La composizione finale del singolo convoglio tipo è, dunque, la seguente:

- una locomotiva adatta al trasporto pianificato;
- otto vetture passeggeri di cui: due con sedute reclinabili, quattro dotate di cuccette e due dotate di scompartimenti letto;
- quattro carri dedicati al trasporto dei veicoli.

Si noti che la presenza dei carri limita il numero di vetture in quanto occorre valutare anche i vincoli infrastrutturali presenti. In particolare, bisogna far riferimento alle caratteristiche delle stazioni considerate, i quali binari di ricevimento devono essere sufficientemente lunghi per poter accogliere l'intero convoglio e permettere la salita e la discesa sicura dei passeggeri. Ciò influenza irrimediabilmente la lunghezza del treno di massima composizione che può circolare su di una linea.

Per lo studio trattato, non si è fatta un'analisi di dettaglio degli impianti, ma si è ritenuto valido considerare un modulo di banchina pari o superiore a 400 m per tutte le stazioni interessate dal servizio, tale dunque da essere maggiore della lunghezza del convoglio ipotizzato.

### Riepilogo costi parco rotabili

Conclusa la trattazione del materiale rotabile da impiegare, proseguirò con l'analisi dei prezzi dei convogli. I costi riportati saranno solamente indicativi, ma utili per comprendere in linea di massima le spese che l'impresa dovrebbe affrontare relativamente al solo materiale rotabile.

In altre parole, tali spese appartengono ai cosiddetti CAPEX (acronimo di "capital expenditures"), ovvero a quell'insieme di spese di investimento di un'azienda a lungo termine con l'obiettivo di aumentare la sua capacità produttiva o migliorare la qualità dei suoi prodotti o servizi.

Ai fini del presente lavoro, sono state fatte le seguenti ipotesi di spesa:

Parco rotabili	Quantità	Costo unitario [ml €]	Costo totale [ml €]
E.402B	2	2,0	4,0
Vetture pax	16 + 4	1,5	30
Carri	8 + 2	0,1	1
<b>TOTALE</b>			<b>35 ml €</b>

Tabella 7.2: Costi indicativi della flotta.

Non trattandosi di un servizio charter ma programmato nel corso dell'anno, l'impresa ha sicuramente intenzione di acquistare il materiale rotabile, di conseguenza si prevede che verrà stipulato un contratto di *leasing* operativo con il quale l'impresa potrà fare uso dei mezzi dietro pagamento di un canone.

Il processo di acquisizione presenta le seguenti fasi:

- si inizia con la richiesta del locatario alla società di leasing, indicando il tipo di materiale di cui ha bisogno e la durata del contratto di locazione;
- vengono concordate le condizioni del contratto di locazione, come la durata, la quota di anticipo e la rata mensile da corrispondere;
- il locatario effettua il pagamento dell'anticipo e viene stipulato il contratto di locazione;
- la società di leasing procede all'acquisto dei mezzi dal produttore e li mette a disposizione del locatario per l'utilizzo;
- durante il periodo di locazione, il locatario è tenuto a mantenere la locomotiva in buono stato;
- alla scadenza del contratto, il locatario può decidere se acquistare i rotabili a un prezzo stabilito in precedenza, rinnovare il contratto di locazione o restituirli alla società di leasing.

In questo progetto, ho considerato:

- un anticipo da versare subito pari al **20%** del totale;
- un piano di leasing finanziario per **15 anni** ad un tasso del **2,5%** per la restante parte.

Tale anticipo (a), richiesto ai fini di tutela del locatore da un eventuale impossibilità da parte dell'impresa di pagare i canoni periodici, sarà dunque pari a:

$$a = 35.000.000 \text{ EUR} * 0,2 = 7.000.000 \text{ EUR} \quad (7.4)$$

La rata annuale (P) di ammortamento per l'intero parco rotabili risulterà, invece, essere pari a :

$$P = S \frac{(1+i)^n * i}{(1+i)^n - 1} = 2.261.461 \text{ EUR} \quad (7.5)$$

in cui:

- P = rata annua di ammortamento;
- S = quota da ammortizzare = 28.000.000 €
- n = periodo leasing (in anni);
- i = tasso d'interesse.

Si tenga presente che l'impresa non avrà modo di disporre immediatamente dei mezzi, di conseguenza si ipotizza che la rata di leasing verrà pagata dal momento in cui i treni saranno effettivamente operativi e, dunque, in grado di generare ricavi.

È possibile ipotizzare che, al termine del periodo di leasing considerato, l'impresa ferroviaria accetterà il pagamento del prezzo di riscatto della flotta divenendo quindi proprietaria effettiva dei treni.

Occorre poi considerare anche il costo relativo all'assicurazione dei convogli (A), di questo si terrà conto tramite una rata annua fissa pari all'**1%** del valore dei treni:

$$A = 35.000.000 \text{ EUR} * 0.01 = 350.000 \text{ EUR} \quad (7.6)$$

### 7.2.2 Costi operativi

I costi operativi di un servizio ferroviario sono i costi necessari per far funzionare effettivamente il servizio, in altre parole, si parla di tutti i costi legati al cosiddetto "modello di esercizio".

Generalmente, si parla di OPEX (Operating Expenditure), ovvero l'insieme di quelle spese strettamente dipendenti dal numero di treni in circolazione e dalla frequenza delle corse. Le spese OPEX sono dunque da considerare come

costi a breve termine, poiché vengono sostenuti per attività correnti e non rappresentano un investimento nel lungo periodo.

Sulla base di quanto discusso con l'ing. Sergio Simeone, esperto di tecnica e normativa ferroviaria, gli aspetti principali che verranno presi in considerazione per il caso studio affrontato sono i seguenti:

- costi di manutenzione;
- costi di affitto aree di manutenzione;
- costi della traccia oraria e della corrente di trazione;
- costi di manovra del convoglio nelle stazioni;
- costi legati alle operazioni di manovra e movimentazione dei veicoli privati;
- costi di sosta del materiale rotabile;
- costi legati al servizio ristoro offerto a bordo;
- costi di pulizia dei treni;
- costi di rifornimento idrico e scarico reflui;

In merito ai costi legati al personale di viaggio, verrà successivamente dedicata un'intera sezione a tale voce di spesa.

In questa fase, uno strumento di fondamentale importanza è il Prospetto Informativo Rete (PIR). Esso è un documento pubblicato annualmente da RFI, con il quale vengono fornite informazioni dettagliate sulla rete ferroviaria gestita, inclusi i dati sul traffico ferroviario, gli investimenti previsti e in corso, i progetti di sviluppo e le attività di manutenzione. Inoltre, esso rappresenta il documento fondamentale di regolazione dei patti commerciali tra gestore ed imprese: in esso sono contenute le informazioni sulle prestazioni della rete, le tariffe applicate, le agevolazioni offerte e le indicazioni fornite dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti.

## **Costi di manutenzione**

La prima voce da cui non è possibile prescindere è la manutenzione, la quale risulta una delle spese principali da sostenere per garantire una sufficiente vita utile dei convogli.

Un tipico programma di manutenzione dovrebbe comprendere:

- attività di manutenzione leggera (ispezioni), che possono essere condotte a fini preventivi (ad intervalli regolari) o correttivi (quando necessario);
- attività di manutenzione pesante (revisioni), da considerarsi come un reinvestimento ripetuto negli asset, finalizzato al miglioramento del patrimonio aziendale;

- riparazioni a seguito di incidenti, solitamente coperte dall'assicurazione;
- modifiche eventuali nel corso della vita utile del mezzo.

Per il conteggio di queste spese ho considerato un valore parametrico comprensivo di manutenzione ciclica e corrente pari a **5 €/km**. Tale valore ha trovato un doppio riscontro in quanto è stato individuato come riferimento sia all'interno di cataloghi di Trenitalia, sia in cataloghi esteri [2].

Come atteso, tale valore è maggiore di quelli presi come riferimento per i tipici servizi Intercity diurni a lunga distanza in quanto tali convogli presentano una maggiore complessità tecnica e un più difficile riassortimento delle scorte, soprattutto nel caso in cui si propongono ai viaggiatori differenti livelli di servizio.

Pertanto, le spese annuali relative alla manutenzione saranno ottenute moltiplicando il costo chilometrico individuato per il numero di chilometri percorsi dalla flotta nell'arco temporale considerato.

In totale, si otterrà una spesa pari a **3.311.880 €/anno**.

### Costi di affitto aree di manutenzione

Indipendentemente dalle dimensioni dell'impresa considerata si ipotizza che essa sia già dotata di appositi spazi dedicati alle attività amministrative e commerciali, pertanto tali spazi non verranno considerati ai fini della trattazione dei costi. Si suppone, invece, che essa abbia bisogno di affittare delle aree tecniche rivolte alla manutenzione e al ricovero dei convogli dedicati al servizio proposto.

Tali aree saranno adibite alla manutenzione ciclica dei mezzi, alla pulizia dei treni e al loro ricovero. A tal fine, nel PIR vengono riportati i canoni di affitto relativi alle aree messe a disposizione da RFI di cui l'impresa interessata al servizio potrà beneficiare. L'entità degli spazi necessari dipenderà essenzialmente dalle dimensioni della flotta e dall'area tecnica considerata.

Nel caso in esame, occorre considerare prima di tutto le dimensioni dei convogli, i quali, data la composizione stabilita presenteranno le seguenti caratteristiche geometriche:

	Locomotore	Carrozze	Carri
N°	1	8	4
Lunghezza	19,4 m	25,0 m	26,4 m
Larghezza	3,0 m	2,8 m	2,8 m

Tabella 7.3: Lunghezza treno

La lunghezza totale considerata dunque è di 325 m. Di conseguenza si dovrà considerare uno spazio lungo almeno **400 m** e largo almeno 4,5 m al fine di consentire le necessarie lavorazioni. Pertanto sarà necessario considerare una superficie di almeno  $1800 m^2$  per ogni convoglio.

In merito agli spazi messi a disposizione nei vari impianti, il PIR propone tre differenti soluzioni:

- Fabbricato: 61,62 €/m<sup>2</sup>
- Area con tettoia: 25,12 €/m<sup>2</sup>
- Area scoperta: 9,42 €/m<sup>2</sup>

Date queste informazioni ed ipotizzando di disporre quanto meno di due aree con tettoia dedicate ai convogli in prossimità dei capolinea, l'impresa dovrà considerare una spesa annua pari a:

$$3600 \text{ m}^2 * 25,12 \text{ EUR/m}^2 = 90.432 \text{ EUR} \quad (7.7)$$

### Costi della traccia oraria e della corrente di trazione

La circolazione dei convogli lungo la tratta prestabilita deve essere autorizzata dal gestore dell'infrastruttura, in questo caso RFI, il quale richiede alle imprese un pedaggio per usufruire della rete ferroviaria.

L'impresa è dunque tenuta a sottoscrivere un contratto di accesso, presentando la richiesta di tracce e servizi coerentemente con le condizioni imposte dal gestore e con le caratteristiche dell'infrastruttura. La richiesta, nel caso di servizi programmati, deve essere effettuata tramite la piattaforma ASTRO-IF, reperibile all'interno della Piattaforma di Servizi Integrati (abbreviata in PIC, Piattaforma Integrata Circolazione).

La tempistica per la pianificazione degli orari deve rispettare le condizioni imposte dal GI, il quale, annualmente, emette il calendario nazionale contenente tutte le tracce approvate per l'anno seguente. Il processo può dirsi concluso in seguito all'effettiva entrata in vigore del nuovo orario. L'impresa, dunque, potrà usufruire dell'infrastruttura a seguito del pagamento di un pedaggio, al quale si sommeranno ulteriori costi nel caso in cui essa usufruisca di ulteriori servizi aggiuntivi.

Il pedaggio pagato dall'IF al GI dipenderà da diversi fattori, quali:

- lunghezza del percorso: il costo del pedaggio aumenta in proporzione alla lunghezza del percorso utilizzato dall'impresa ferroviaria.
- capacità dell'infrastruttura: il costo del pedaggio può variare in base alla capacità dell'infrastruttura ferroviaria. Se l'infrastruttura è congestionata, il costo del pedaggio potrebbe essere maggiore per incoraggiare l'impresa ferroviaria a utilizzare orari meno affollati o a investire in infrastrutture alternative.
- tipologia del servizio: il costo del pedaggio potrebbe variare in base alla tipologia di servizio offerto dall'impresa ferroviaria. Ad esempio, il costo del pedaggio potrebbe essere più elevato per i treni ad alta velocità rispetto ai treni regionali a causa dell'uso di infrastrutture specializzate.

A ciò va poi aggiunto il costo della corrente elettrica fornita da RFI per la trazione, il cui valore esatto dipende da ulteriori fattori quali:

- l'andamento del mercato dell'energia elettrica;
- le caratteristiche plano-altimetriche del tracciato;
- il numero di fermate;
- le caratteristiche del convoglio.

Il calcolo dei pedaggi e l'ottenimento di una traccia oraria esatta possono essere effettuati online tramite portale PIC-WEB. Grazie a questo strumento, l'impresa ha modo di inserire tutte le informazioni necessarie all'ottenimento di quanto richiesto, come ad esempio:

- date di validità dei percorsi;
- lunghezza del convoglio;
- soste da effettuare;
- orario di partenza e di arrivo desiderati;
- massa rimorchiata in tonnellate;
- tipo di trazione.

Il GI delibererà sulla richiesta avanzata e proporrà all'IF la traccia oraria che meglio soddisfa i requisiti imposti, accompagnata da un relativo costo totale della traccia per singolo viaggio, il quale viene solitamente espresso in termini di costo per km.

Essendo questa una pianificazione di massima, ho ritenuto invece valido individuare un metodo semplificato per determinare un costo medio chilometrico plausibile relativo alla traccia oraria da corrispondere al GI, comprensivo di contributo relativo al consumo energetico del convoglio, in modo tale da ottenere un valore di massima in funzione della distanza da coprire.

Ho però voluto distinguere tra due diverse casistiche in funzione del tipo di servizio considerato, poiché ciò risulta fondamentale al fine di determinare i potenziali profitti derivanti dal servizio:

- treni viaggiatori a lunga percorrenza in regime di **open access (OA)**, che non percorrono tratte della rete a Livello di Servizio Elevato (AV/AC);
- treni viaggiatori del **servizio universale** a lunga percorrenza notturni (**OSP-LP-Notte**).

Seguendo le indicazioni contenute all'interno del PIR, al quale rimando per una trattazione di dettaglio del tema, la tariffa relativa al Pacchetto Minimo d'Accesso all'infrastruttura è stata calcolata come somma di due termini:

- un primo addendo correlato all'usura dell'infrastruttura, ovvero del binario e della linea di contatto;

- un secondo addendo legato alla capacità finanziaria dei passeggeri e del tipo di servizio considerato.

Per quanto riguarda, invece, il costo dell'energia di trazione, in mancanza di strumenti più precisi per il calcolo ho preso come riferimento un valore indicativo pari a **0,4 €/km** per una linea di alimentazione ordinaria a 3 kV.

I valori chilometrici ottenuti, comprensivi di costo della trazione elettrica, sono i seguenti:

- **OA: 4,57 €/km**
- **OSP-LP-Notte: 2,23 €/km**

Successivamente, ho moltiplicato i parametri ottenuti per la distanza fra i capolinea così da ottenere il relativo costo a viaggio per i due differenti tipi di servizio.

Moltiplicando, infine, gli importi ricavati per il numero di corse pianificate in un anno, ho ottenuto una spesa annua pari a:

- **3.024.409 €** per un tipo di servizio Open Access;
- **1.479.086 €** per un tipo di servizio con Obbligo di Servizio Pubblico;

### **Costi legati alle operazioni di manovra nelle stazioni**

I servizi di manovra presso gli impianti RFI possono includere un gran numero di attività, fra cui:

- aggancio e sgancio dei vagoni per creare la composizione del treno desiderata;
- cambio dell'ordine dei vagoni per adattarsi alle esigenze del servizio ferroviario;
- spostamento dei treni all'interno delle stazioni o dei depositi per consentire le operazioni di carico e scarico, ricovero o manutenzione;

Tali servizi devono essere richiesti insieme alla traccia oraria, sempre rispettando i vincoli e le scadenze imposte dal GI, tramite:

- sistema ASTRO-IF, nel caso di richieste programmate o in Variazione in Corso d'Orario (VCO);
- PIC IF per la Gestione Operativa.

Nel caso studio in esame, occorre considerare, in aggiunta alle manovre del convoglio presso i capolinea, le operazioni legate al movimento dei carri bisarca, i quali andranno, a seconda dei casi, sganciati o agganciati dal convoglio principale per consentire le operazioni di carico e scarico dei veicoli privati. Si

suppone, infatti, che tali attività di manovra non verranno fatte in autoproduzione dall'IF, ma sarà compito di un'impresa esterna la quale, con proprio personale e propri mezzi, si occuperà di tutte le operazioni, incidendo dunque sui costi.

A titolo di esempio, si cita il caso del terminal di Verona Porta Nuova, presso cui le manovre di movimento veicoli caricati su carri devono essere fatte con mezzi diesel e non elettrici in quanto le aste di manovra non sono elettrificate. Di conseguenza, l'impresa interessata al servizio auto al seguito e sprovvista di personale e mezzi adeguati dovrà appaltare tali operazioni ad una ditta esterna.

Consultando il PIR, ho deciso di prendere come riferimento un importo pari a **380 €/manovra**, facente riferimento alla voce "Scomposizioni/composizioni particolari". Poiché tali operazioni andranno condotte sia in partenza sia all'arrivo, per ogni viaggio si dovrà raddoppiare questo costo, pertanto si ottiene un totale di **760 €/viaggio**, per un totale di **474.240 €** all'anno.

È opportuno, infine, specificare che queste tariffe sono puramente indicative. I costi sono legati ai servizi di manovra effettuati direttamente da RFI, la quale però è attiva per tali operazioni solo in pochissimi impianti. Solitamente, quindi, è necessario rivolgersi ad altre aziende, le quali possono avere tariffe anche superiori.

### **Costi di gestione del carico/scarico dei veicoli stradali**

Alle operazioni di manovra precedentemente citate, si accompagnano poi tutte le procedure finalizzate al carico/scarico dei veicoli stradali al seguito dei viaggiatori. Solitamente, nei servizi ferroviari con auto al seguito, queste attività vengono affidate al personale dell'impresa ferroviaria o ad una società esterna che gestisce il servizio.

Nello specifico, è necessario considerare i costi legati alle seguenti operazioni:

- predisposizione dei carri alle operazioni di carico/scarico;
- effettuazione delle operazioni di check in dei passeggeri e dei relativi veicoli;
- ritiro/consegna dei veicoli stradali;
- movimentazione dei veicoli stradali;
- preparazione dei carri in assetto di marcia per i treni in partenza.

Secondo le informazioni fornite da Drnec [27] in merito ai servizi veicoli al seguito attualmente effettuati in Slovacchia, l'uso di tali terminal presenta un costo pari a:

- 140 € a carro presso il terminal di Bratislava [65];
- 160 € a carro presso quello di Košice [66];
- 80 € a carro presso quello di Humenné [64].

Ulteriori indicazioni a riguardo mi sono state fornite dall'Ing. Iacopo Di Battista (Grandi Treni Espressi S.p.A.), il quale mi ha indicato per un servizio stagionale un costo complessivo per le operazioni di carico e scarico veicoli in ciascun terminal capolinea pari a **1.500 €**.

Tali costi sono confrontabili con quelli forniti da Drnec, tenendo conto della differenza del costo della vita tra i due Paesi e del fatto che in Slovacchia le tariffe sono riferite ad un servizio giornaliero e non stagionale.

Per motivi cautelativi, ho dunque preferito utilizzare gli importi forniti da Di Battista, consapevole di un certo grado di approssimazione legato a tale scelta.

Di conseguenza, essendo la spesa annua complessiva per tale voce dipendente soltanto dal numero di viaggi effettuati e non dal numero di carri in composizione, si ottiene un costo totale per tali operazioni pari a **936.000 €**.

### **Costi di sosta del materiale rotabile**

Al di là dei costi di affitto relativi alle aree di ricovero del materiale, occorre considerare anche delle spese legate alla messa in disponibilità da parte del GI di binari ad uso non esclusivo alle imprese, le quali ne possono usufruire per la sosta temporanea dei propri convogli. Secondo le indicazioni offerte dal PIR, ho reputato ragionevole considerare un importo medio pari a **0,071 €/minuto** sulla base delle tariffe esposte.

Ho ipotizzato successivamente un intervallo di tempo pari a 12 ore per tener conto del fermo del treno tra l'arrivo del convoglio a destinazione in mattinata e la successiva partenza la sera stessa. In conclusione, la spesa per la sosta per singolo viaggio sarà pari a:

$$0,071 \text{ EUR}/\text{min} \times 720 \text{ min} = 50 \text{ EUR} \quad (7.8)$$

Tale importo andrà dunque moltiplicato per il numero di viaggi considerati, ottenendo una spesa complessiva di **31.899 €/anno**.

## Servizi di ristoro a bordo dei treni

Per quanto riguarda i servizi ristoro, ho deciso di non considerare la presenza di una carrozza ristorante, la quale però potrebbe essere considerata per viaggi di durata maggiore che prevedono anche una cena a bordo del treno. Pertanto, ho considerato che il convoglio in progetto sia dotato a bordo di distributori automatici con snack e bevande calde o fredde a disposizione dei viaggiatori, a cui si aggiunge un servizio di carrello mini bar gestito dal personale di bordo.

Ho ritenuto plausibile ipotizzare un costo di **400 €/viaggio** per tener conto di questo aspetto, valore che andrà dunque moltiplicato per il numero di viaggi considerati. In totale, la spesa complessiva per il servizio ristoro ammonterà a **249.600 €**.

## Pulizia del treno

Per quanto riguarda la pulizia dei treni, ho considerato una spesa pari a **1000 €/viaggio**, in cui rientrano le spese di pulizia quotidiane eseguite durante la sosta del treno ai capilinea, le spese di pulizia settimanali più approfondite e la presenza a bordo di pulitori viaggianti operanti durante il viaggio.

Naturalmente, tale costo andrà moltiplicato per il numero di viaggi effettuati durante l'arco temporale preso in considerazione, ovvero un anno, da cui risulta una spesa totale di **624.000 €**.

## Tasse di rifornimento idrico e scarico reflui

Infine, gli ultimi aspetti da considerare riguardano i servizi aggiuntivi che il GI deve garantire, su richiesta all'IF per la circolazione dei propri treni. Nello specifico, terrò conto delle tasse di rifornimento idrico e di scarico reflui.

Per quanto riguarda le prime, il PIR propone un'offerta chilometrica per treni a lunga percorrenza pari a **0,0122 €/treno \* km**, corrispondente ad un totale di **8.081 €/anno**.

In merito, invece alla spesa relativa allo scarico reflui, ho deciso di considerare, sulla base di quanto presentato all'interno del PIR, un importo fisso annuale pari a **7.864 €** per la messa a disposizione di una specifica area, individuata presso la stazione di Lecce, funzionale all'istallazione da parte dell'impresa di cisterne per lo stoccaggio dei reflui che dovranno essere raccolti.

### 7.2.3 Costi del personale

La voce di costo relativa al personale è certamente una delle più significative in termini di incidenza sul totale delle uscite a cui l'impresa deve far fronte, pertanto ho deciso di dedicarle una maggiore attenzione.

In questo studio non verranno effettuati studi di dettagli relativi all'ottimizzazione della turnazione delle varie figure coinvolte, in quanto ciò è proprio di una pianificazione di dettaglio da condurre in una fase successiva dello studio, ma si andranno solamente a descrivere le figure principali necessarie

all'esecuzione del servizio, facendo riferimento a quanto presentato all'interno Contratto Collettivo Nazionale di Lavoro (CCNL) Autoferrotramvieri - Inter-navigatori, il quale disciplina il rapporto di lavoro del trasporto pubblico e privato su ferrovia, su gomma e per via navigabile.

Le figure fondamentali che si prenderanno in considerazione sono:

- **AGENTI DI CONDOTTA (ADC):** macchinisti abilitati alla circolazione. Trattandosi di collegamenti notturni, i singoli convogli verranno sempre condotti con doppio agente, quindi si avranno un 1° ed un 2° macchinista;
- **ACCOMPAGNATORI DEL TRENO (ADT) O CAPOTRENI:** si occupano della sicurezza dei passeggeri, nonché dell'organizzazione e della supervisione del personale durante il viaggio. Inoltre, si interfacciano col personale di terra per la pianificazione del viaggio.
- **PERSONALE DI BORDO:** si occupano del controllo biglietti e dell'assistenza ai passeggeri. In particolare si prenderanno in considerazione quattro hostess/steward e un tecnico polifunzionale per ogni convoglio;

Verranno dunque trascurati tutti i costi relativi a figure amministrative e dirigenziali, oltre a tutte le spese relative alla formazione del personale stesso e alla gestione della sala operativa.

Sulla base della realtà del settore in ambito italiano, sono dunque passato al calcolo dei costi. Gli stipendi mensili netti ipotizzati sono i seguenti:

<b>Personale</b>	<b>Stipendio netto mensile</b>
Primo macchinista	2.200 €
Secondo macchinista	1.500 €
Capotreno	2.100 €
Personale viaggiante	1.500 €

Tabella 7.4: Stipendi mensili ipotizzati del personale treni

Bisogna però considerare che tali importi sono dati al netto di tutti i contributi che non vengono versati in busta paga al dipendente, ma che l'azienda deve comunque sostenere. Si tenga infatti conto che le spese sostenute dall'azienda sono circa 2,1 volte maggiori dello stipendio netto del lavoratore.

Ho dunque preso in considerazione il costo aziendale, ovvero la spesa totale annua sostenuta dall'azienda per mantenere un dipendente in servizio. Esso, nello specifico, comprende:

- la RAL (Retribuzione Annua Lorda);
- i contributi previdenziali e assistenziali;
- i contributi per la disoccupazione;
- le assicurazioni;
- le spese per la formazione;
- i premi di produzione;
- le indennità di malattia e maternità;
- costi ulteriori ed eventuali previsti da accordi aziendali o dai contratti collettivi di lavoro.

Sulla base degli stipendi netti ipotizzati, ho dunque individuato inizialmente le relative RAL per ogni posizione (Tabella 7.5). Approssimando, ho poi incrementato del **40%** la RAL per ottenere un valore verosimile relativo ai costi aziendali del singolo dipendente. Tale percentuale tiene conto:

- degli oneri previdenziali a carico dell'azienda, pari a circa il 31% dello stipendio lordo;
- del Trattamento di Fine Rapporto, circa pari all'8%.

<b>Personale</b>	<b>RAL</b>	<b>Costo/persona</b>
Primo macchinista	43.000 €	60.200 €
Secondo macchinista	25.000 €	35.000 €
Capotreno	40.000 €	56.000 €
Personale viaggiante	25.000 €	35.000 €

Tabella 7.5: RAL ipotizzate del personale treni e relativi costi aziendali.

Sono dunque passato al calcolo del personale necessario.

Per determinare un valore qualitativo ma verosimile, sono ricorso ad alcune ipotesi semplificative, riprendendo quanto presentato da Tumminello all'interno del suo elaborato di tesi [62]:

- ho considerato due turni giornalieri, considerando, come da CCNL, 40 ore settimanali massime di lavoro, straordinari esclusi;
- per tenere conto delle malattie del personale, ho considerato un coefficiente del +20%;

- per tenere conto di periodi di ferie e riposo, ho considerato un secondo coefficiente del +60%.

Per prima cosa ho dunque calcolato il numero totale di ADC (1° e 2°), ottenendo i seguenti risultati:

$$4 \text{ macchinisti/treno} \times 2 \text{ treni/giorno} \times 1,2 \times 1,6 = 15,36 \text{ macchinisti} \quad (7.9)$$

Approssimando per eccesso, si ottengono:

- 16 macchinisti, di cui 8 primi agenti e 8 secondi;
- 8 capotreni, ponendo il numero di ADT uguale a quello dei primi ADC;
- 40 membri del personale viaggiante, cinque per ogni capotreno.

Sulla base dei dati di partenza, ho potuto dunque calcolare la spesa annuale relativa a questa voce. Di seguito vengono riassunti i risultati ottenuti:

<b>Personale</b>	<b>N°</b>	<b>Costo aziendale annuale</b>
Primo macchinista	8	481.600 €
Secondo macchinista	8	280.000 €
Capotreno	8	448.000 €
Personale viaggiante	40	1.400.000 €
<b>Tot.</b>	<b>64</b>	<b>2.609.600 €</b>

Tabella 7.6: Numero complessivo di figure necessarie per il servizio e relative spese annuali.

## 7.3 Previsione dei ricavi

In questa fase, l'obiettivo è ottenere una stima dei ricavi medi sulla base delle corse individuate, in modo tale da valutare le entrate dell'impresa in relazione al collegamento proposto.

Il calcolo delle entrate terrà conto della quota parte di viaggiatori che si rivolge all'alternativa ferroviaria, considerando, naturalmente, dei prezzi differenti a seconda dei livelli di servizio proposti (sedute reclinabili, cuccette, scompartimenti letto). A tal fine ho dunque preparato un foglio Excel con il quale ho stimato, per ogni livello di servizio, un ricavo medio per viaggio, successivamente ho moltiplicato questi per il numero di corse in un anno, così da ottenere il ricavo annuale del collegamento studiato.

Data la complessità del problema, occorre considerare in prima analisi alcuni aspetti:

- la valutazione dei ricavi non tiene conto di una grande varietà di tariffe e promozioni differenti, che porterebbero ad un diverso risultato in termini di ricavi. Ho dunque ipotizzato che tutti i prezzi dei biglietti sono calcolati sulla tariffe Base proposta dall'impresa che gestisce il servizio. Non sono state considerate riduzioni relative all'acquisto di eventuali abbonamenti o carnet di viaggio né ho considerato eventuali oscillazioni di prezzo a seconda del periodo di prenotazione;
- non conoscendo le esatte percentuali di salita e discesa dei viaggiatori non ho ritenuto necessario fare distinzioni in base alle fermate di salita e discesa dei passeggeri. Si tenga però presente che il collegamento è finalizzato in modo tale da non effettuare un gran numero di soste e consentire la sola discesa per quelle effettuate nel corso dell'ultima fase del viaggio. Tale approccio trova riscontro anche nella realtà: in passato, il servizio Trenhotel di Arenaways prevedeva tariffe fisse e non dipendenti dalla stazione di partenza o arrivo.
- non ho fatto distinzioni di prezzo tra le due direttrici in quanto la differenza tra le tariffe sarebbe modesta e, dunque, a questo livello di pianificazione, irrilevante. Per maggiori approfondimenti si vedano le tariffe presentate in Appendice E;

Il calcolo dei ricavi annuali per ogni direttrice è stato realizzato riprendendo le tariffe individuate in 5.4 e i flussi di viaggiatori previsti partendo dai dati raccolti in Tabella 6.7. Naturalmente, i ricavi risultano maggiori durante i mesi estivi, periodo in cui i flussi turistici sono considerevoli, mentre si ottiene un calo notevole delle entrate nel corso del primo ed ultimo trimestre dell'anno. Ragionando su una finestra temporale annuale, ho inizialmente ottenuto delle entrate complessive nell'ordine degli **11,5 milioni di Euro** per il primo anno di esercizio.

Faccio presente, però che, per essere ulteriormente cautelativi, tale risultato è stato ridotto al fine di non sovrastimare il rendimento del servizio nei primi mesi dall'attivazione. È molto probabile, infatti, che non si registreranno fin

da subito i ricavi attesi in quanto il servizio dovrà in un primo momento guadagnare la fiducia dei passeggeri e, soprattutto, farsi conoscere tra coloro che non erano a conoscenza di questa alternativa di viaggio.

Pertanto, ho ipotizzato di ridurre i ricavi come di seguito presentato:

- riduzione del 50% i ricavi nel corso del primo trimestre;
- riduzione del 40% nel corso del secondo trimestre;
- riduzione del 30% nel corso del terzo trimestre;
- riduzione del 20% nel corso del quarto trimestre.

Analizzando i ricavi per singolo trimestre e sommando i valori ricavati alla luce della precedente ipotesi, ho ottenuto un ricavo per il primo anno di esercizio pari a circa **7,5 milioni di Euro**, ovvero circa 3,7 milioni di Euro per ogni direttrice. Dal secondo anno in poi, i ricavi verranno invece considerati nella loro totalità.

Inoltre, ci si aspetta che il numero di viaggiatori su un servizio ferroviario passeggeri a lunga percorrenza aumenti anno dopo anno grazie all'influenza di fattori esterni quali, ad esempio:

- la crescente popolarità del servizio e la pubblicizzazione dello stesso;
- i vantaggi offerti rispetto ad altre alternative di trasporto;
- la disponibilità di offerte promozionali stipulate con l'impresa ferroviaria che gestisce i collegamenti;
- l'aumento del turismo nelle Regioni servite.

Pertanto, ho ipotizzato di aumentare il numero di viaggiatori del **1%** l'anno così da valutare l'andamento dei ricavi nei primi anni di servizio del collegamento. Tale fattore, dunque, non dipende dagli attributi e dal modello di scelta modale costruito, ma è ipotizzato sulla base del possibile andamento del mercato.

Specifico, infine, che i ricavi vanno intesi sempre sulle stesse tratte e senza aumento di corse, in quanto non ho reputato abbastanza cospicua la domanda di trasporto per garantire un servizio giornaliero durante l'anno.

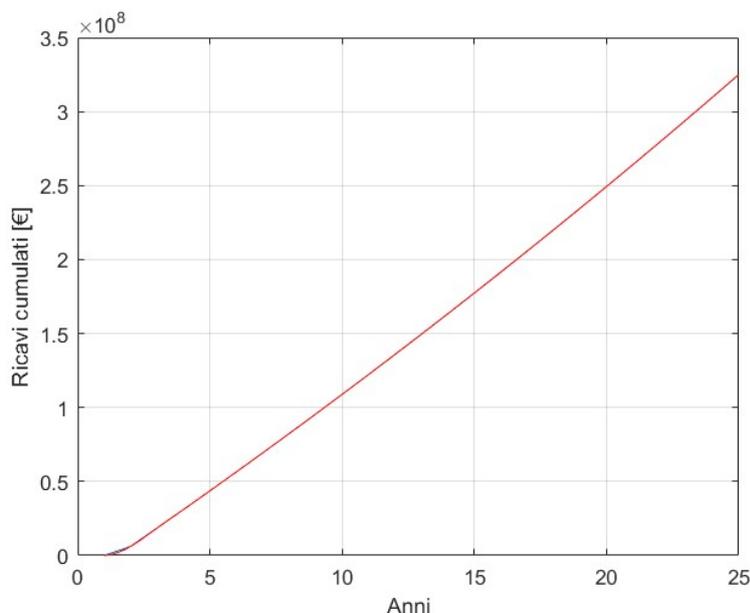


Figura 7.6: Andamento dei ricavi nel tempo. Elaborazione personale (MATLAB).

In ultimo, si fa un accenno alle modalità di vendita che si possono prendere in considerazione per il caso studio. I sistemi a disposizione sono diversi, di seguito verranno espresse le principali modalità:

- è possibile aprire sul sito dell'impresa una sezione dedicata all'acquisto dei ticket, in modo tale da generare maggiore traffico sul sito web della società e, al contempo, favorire la vendita online dei titoli di viaggio;
- nel caso in cui sia un'impresa open access a garantire il collegamento, possono essere pianificati degli accordi con Trenitalia al fine di poter garantire l'acquisto dei biglietti anche attraverso i propri canali di vendita, sia fisici, presso le biglietterie delle stazioni, sia online;
- mediante agenzie di viaggio convenzionate. Tale aspetto deve essere preso in particolare considerazione ai fini della valorizzazione dei territori collegati dal servizio. Questo elemento è stato già da me introdotto in fase di pianificazione degli attributi di scelta (Cap.3), in quanto è possibile proporre validi pacchetti comprensivi di viaggio e soggiorno, così da mettere in evidenza l'aspetto esperienziale del viaggio e valorizzare la scoperta delle aree interne grazie al servizio di carico del veicolo privato proposto.

Particolare attenzione merita la fase dedicata all'acquisto dell'eventuale ticket di carico del veicolo, in quanto dovrà essere reso possibile l'inserimento delle caratteristiche del mezzo da trasportare (marca, modello, targa, dimensioni ecc.) al fine di velocizzare le operazioni di verifica al check-in e ottimizzare le fasi di preparazione del convoglio.

## 7.4 Flusso di cassa

Una volta considerati i costi e i ricavi del servizio e aver preparato un foglio Excel ad hoc per valutare il loro andamento nel corso del tempo, ho calcolato la curva dei guadagni come differenza fra i due risultati dell'analisi finanziaria. Se i ricavi superano i costi, l'attività genera un profitto, altrimenti ci sarà una perdita.

$$\text{Guadagni} = \text{Ricavi} - \text{Costi} \quad (7.10)$$

Ci si aspetta che l'impresa opererà in un primo periodo in perdita a causa delle alte spese iniziali e dei ricavi inferiori alla condizione di regime attesa, l'obiettivo, però è quello di colmare tale divario in un tempo ragionevolmente limitato.

Per questo motivo, non è sufficiente solo generare un profitto, è importante anche conoscere il momento in cui il profitto arriverà a coprire i costi iniziali dell'attività. A tal proposito si parla di *break even period*, il quale non è altro che il periodo di tempo necessario per coprire tutti i costi iniziali dell'attività, in altre parole, indica il momento in cui i ricavi diventano uguali ai costi totali dell'attività. Una volta che il servizio raggiunge questo punto, ogni ulteriore vendita genererà un profitto.

Ritornando a quanto esposto nelle sezioni precedenti, sono passato dunque alla costruzione del flusso di cassa, mantenendo l'ipotesi di un servizio basato su tre coppie di treni a settimana per ogni direttrice (Figura 7.7).

Si può osservare che gli ingenti investimenti da considerare portano ad un disavanzo piuttosto consistente da colmare, ma, nel tempo, si avrebbe un rientro delle spese effettuate grazie ad un potenziale interesse crescente della domanda verso il servizio. Tramite il sostegno di sovvenzioni pubbliche, inoltre, tale processo potrebbe essere accelerato. Sulla base delle numerose ipotesi considerate, si potrebbe raggiungere il pareggio di bilancio **tra il decimo e il quindicesimo anno di servizio dall'inizio delle attività**, oltre il quale si inizierà dunque ad avere un profitto.

Naturalmente, questi risultati sono soltanto indicativi in quanto frutto di uno studio semplificato dell'argomento. A tal proposito occorre fare delle precisazioni:

- mi sono posto nella condizione in cui i costi considerati sono solo quelli strettamente connessi al servizio pianificato, senza entrare nel dettaglio delle spese che la singola impresa ferroviaria dovrà sostenere in relazione alla sua offerta di trasporto e alle dimensioni dell'azienda;
- i ricavi sono stati considerati come se tutti i viaggiatori decidessero di viaggiare da un capolinea all'altro, naturalmente sarebbe opportuno prevedere una tariffa a chilometro considerando la quota parte di viaggiatori interessata a scendere o salire in una delle altre fermate considerate;
- la domanda studiata, a differenza di quella pendolare, risulta essere particolarmente elastica, quindi è probabile che in determinati periodi dell'anno si registreranno flussi di viaggiatori diversi da quelli stimati;

- prevedere un servizio di questo tipo a frequenza giornaliera non sarebbe stato sostenibile in quanto, a fronte di costi molto più onerosi da prevedere rispetto a quelli previsti, non ci sarebbe stato un adeguato flusso di viaggiatori;
- indipendentemente dal tipo di impresa considerata, ribadisco che è molto improbabile che essa focalizzi tutta la propria offerta e concentri tutte le sue risorse su questo tipo di servizio, di conseguenza andrebbero fatti ragionamenti più estesi legati all'economia dell'impresa considerata.

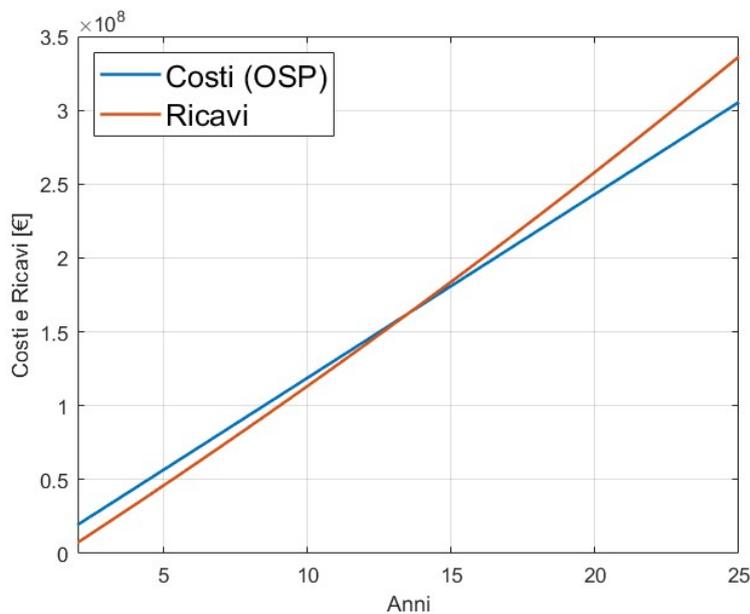


Figura 7.7: Grafico dei costi e dei ricavi del servizio (con Obbligo di Servizio Pubblico). Elaborazione personale (MATLAB).

A beneficio di ulteriori studi in merito, gradirei soffermarmi nuovamente sulla possibilità di ricevere sussidi pubblici al fine di sostenere ulteriormente il servizio pianificato. In Italia, infatti, i collegamenti ferroviari Intercity ed Intercity Notte sono parzialmente sussidiati tramite contributi statali per garantire l'accesso a servizi ferroviari in aree meno redditizie o non redditizie. Il finanziamento varia a seconda delle Regioni e delle specifiche esigenze del servizio ferroviario, e il budget per questo tipo di finanziamento viene stabilito periodicamente.

Un collegamento notturno con possibilità di trasporto veicoli al seguito rientrerebbe nell'insieme di quei servizi a media-lunga percorrenza “di interesse nazionale” (*D.M. 109/T del 3 novembre 1999 “Attuazione dell’articolo 3, comma 1, lett. d) del D.Lgs 422/97*), pertanto tale aspetto andrebbe valutato a livello politico, soffermandosi maggiormente sulla potenziale rilevanza sociale, oltre che turistica, che un collegamento come quello pianificato potrebbe avere al fine di meglio collegare aree molto distanti del Paese.

In Figura 7.8 si fornisce, infine, un ultimo risultato, ovvero il profitto complessivo del programma sulla base delle ipotesi considerate. Analogamente a quanto esposto in Figura 7.7, si osserva che il profitto risulterà essere pari a zero intorno al tredicesimo anno dall'inizio delle attività per poi crescere anno dopo anno assumendo valori positivi. In caso di servizio Open Access, invece, i costi maggiori da sostenere impedirebbero di ottenere un rientro delle spese effettuate in tempi ragionevoli.

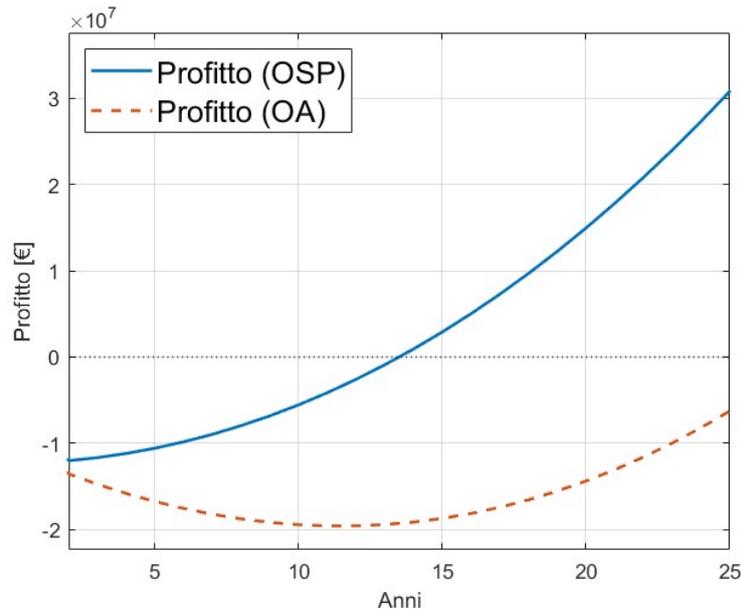


Figura 7.8: Grafico del profitto legato al servizio. Elaborazione personale (MATLAB).

In conclusione, sebbene restino parziali, questi risultati permettono di avere una prima immagine, ad oggi del tutto mancante in letteratura, relativa agli aspetti finanziari che un'impresa interessata ad un servizio notturno con possibilità di trasporto veicoli al seguito dovrebbe affrontare.

Maggiori dettagli in merito ai calcoli effettuati possono essere estrapolati dal file Excel denominato "Costi e Ricavi" accessibile all'interno della cartella *Tesi - Simone Cannarsa*.

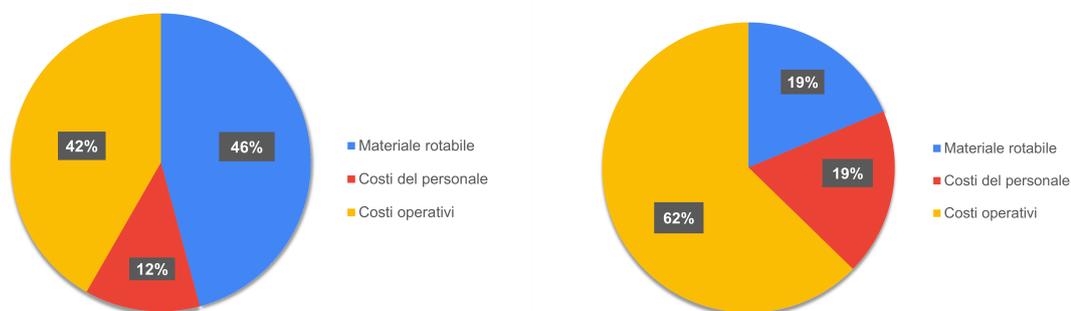
## 7.5 Riepilogo

In questo capitolo sono stati esaminati i vari elementi che compongono i costi legati al ripristino del servizio, focalizzandosi prima sulle spese relative alle infrastrutture necessarie e poi sui costi connessi al parco rotabili e ai principali aspetti operativi dell'esercizio ferroviario.

Nella tabella che segue si riassumono tutte le voci di spesa considerate con i relativi costi annuali (Tabella 7.7). Si noti che la voce "*Anticipo*" relativa al materiale rotabile è da considerare solo per il primo anno considerato.

<b>Categoria</b>	<b>Voce di costo</b>	<b>Importo</b>
Costi assicurazione/leasing	Rata assicurazione	350.000 €
	Anticipo	7.000.000 €
	Rata leasing	2.261.461 €
Costi operativi	Manutenzione	3.311.880 €
	Affitto aree di manutenzione	90.432 €
	Traccia oraria	3.024.409 €
	Manovra	474.240 €
	Carico/scarico veicoli	936.000 €
	Sosta	31.899 €
	Ristoro	249.600 €
	Pulizia	624.000 €
	Rifornimento idrico	8.081 €
	Scarico reflui	7.864 €
Costi del personale	Primo macchinista	481.600 €
	Secondo macchinista	280.000 €
	Capotreno	448.000 €
	Personale viaggiante	1.400.000 €
<b>Totale costi primo anno</b>		<b>20.979.466 €</b>
<b>Totale costi anni successivi</b>		<b>13.979.466 €</b>

Tabella 7.7: Elenco delle voci di costo annuali in caso di impresa Open Access.



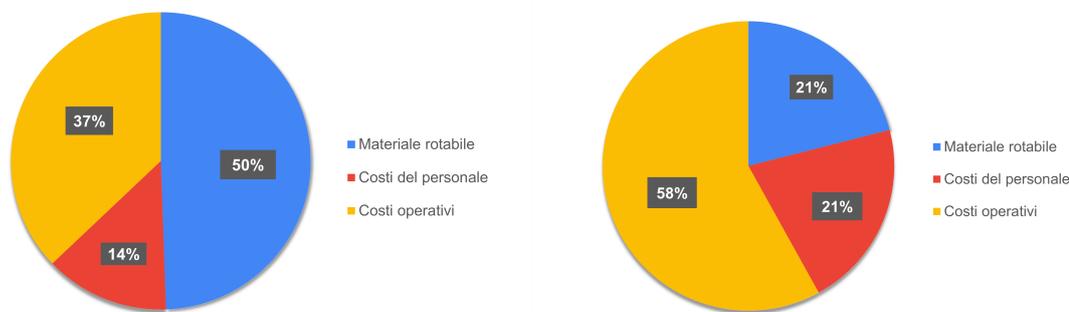
(a) Primo anno di esercizio.

(b) Anni successivi di esercizio.

Figura 7.9: Suddivisione percentuale dei costi (Open Access). Elaborazione personale (Excel).

<b>Categoria</b>	<b>Voce di costo</b>	<b>Importo</b>
Costi assicurazione/leasing	Rata assicurazione	350.000 €
	Anticipo	7.000.000 €
	Rata leasing	2.261.461 €
Costi operativi	Manutenzione	3.311.880 €
	Affitto aree di manutenzione	90.432 €
	Traccia oraria	1.479.086 €
	Manovra	474.240 €
	Carico/scarico veicoli	936.000 €
	Sosta	31.899 €
	Ristoro	249.600 €
	Pulizia	624.000 €
	Rifornimento idrico	8.081 €
	Scarico reflui	7.864 €
	Costi del personale	Primo macchinista
Secondo macchinista		280.000 €
Capotreno		448.000 €
Personale viaggiante		1.400.000 €
<b>Totale costi primo anno</b>		<b>19.434.142 €</b>
<b>Totale costi anni successivi</b>		<b>12.434.142 €</b>

Tabella 7.8: Elenco delle voci di costo annuali in caso di impresa con Obbligo di Servizio Pubblico.



(a) Primo anno di esercizio.

(b) Anni successivi di esercizio.

Figura 7.10: Suddivisione percentuale dei costi (Obbligo di Servizio Pubblico). Elaborazione personale (Excel).

In base alle due casistiche individuate, ho valutato qualitativamente l'andamento cumulato dei costi nel corso del tempo:

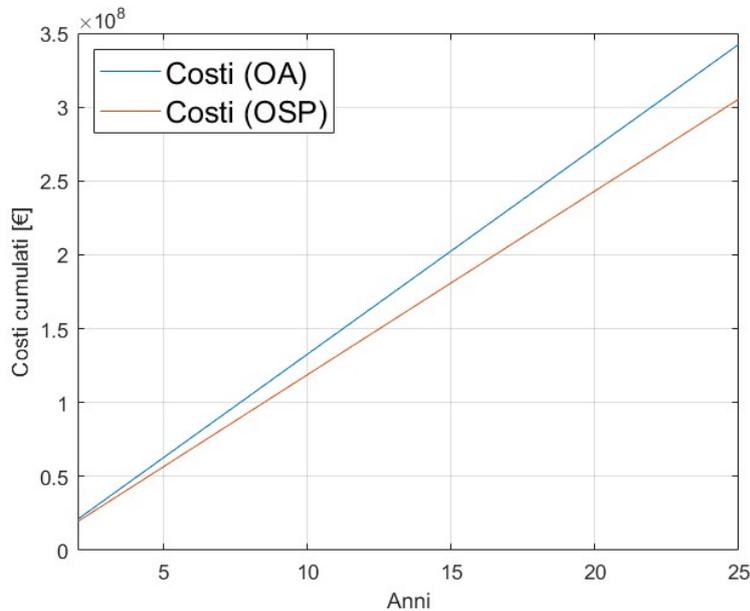


Figura 7.11: Andamento dei costi nel tempo. Elaborazione personale (MATLAB).

Successivamente ho ottenuto l'andamento dei ricavi sulla base delle tariffe individuate. Il calcolo è stato effettuato in maniera semplificata, non considerando oscillazioni di prezzo o particolari tariffe promozionali. Ho però ipotizzato una riduzione dei viaggiatori nel corso del primo anno rispetto a quanto stimato e un progressivo aumento dell'utenza pari all'1% ogni anno.

Infine, ho valutato l'andamento qualitativo dei flussi di cassa dell'impresa, ottenendo che, grazie all'intervento di sovvenzioni pubbliche volte a ridurre il pagamento del pedaggio ferroviario, è possibile ottenere un rientro delle spese ed un profitto positivo in un arco temporale ragionevole.

I risultati ottenuti appaiono logici, di conseguenza è ora possibile affrontare il successivo capitolo, nel quale si andranno ad analizzare i possibili sviluppi legati al trasporto ferroviario notturno e con veicoli al seguito.

## Capitolo 8

# Auto al seguito: opportunità e innovazioni

Al termine di questo lavoro, vorrei dedicare un ultimo capitolo alle prospettive di sviluppo future che potrebbero interessare il trasporto ferroviario notturno, ponendo il servizio veicoli al seguito come elemento chiave della trattazione. A mio parere, infatti, esso può inserirsi perfettamente all'interno del tema della mobilità del futuro, a patto che siano realizzati i necessari investimenti infrastrutturali volti a renderlo competitivo per l'attuale e futura offerta di trasporto presente.

Allo stesso tempo, il trasporto notturno potrebbe presentare notevoli margini di crescita nel caso in cui si decidesse di dedicare a tale settore un significativo contributo in termini di risorse e tecnologie. I punti che vorrei trattare nelle seguenti pagine possono essere riassunti tramite le seguenti domande.

- *Come potrebbe conciliarsi il trasporto veicoli al seguito con lo sviluppo della mobilità elettrica?*
- *Quali caratteristiche aggiuntive potrebbero essere prese in considerazione per i treni notturni del prossimo futuro?*
- *Quali potrebbero essere le novità proposte dall'industria in merito ai carri bisarca del futuro?*
- *Lungo quali itinerari nazionali si potrebbe sviluppare un servizio "auto + treno"?*

Considerando le nuove tendenze in campo di trasporti pubblici e privati, ritengo essenziale discutere di come pianificare soluzioni di spostamento integrate e sostenibili e di come poter inserire in questo contesto un servizio di trasporto collettivo in grado di combinare i vantaggi del mezzo ferroviario con quelli del mezzo stradale, rappresentando una scelta vincente per migliorare la mobilità a lunga distanza.

## 8.1 Mobilità elettrica

Secondo una ricerca di mercato condotta da Motus-E nel 2022, l'Italia continua ad essere fanalino di coda rispetto ad altri Paesi europei in quanto a sviluppo della mobilità privata elettrica [50].

I principali punti emersi sono i seguenti:

- a fine 2022 vi erano meno di 200 mila veicoli elettrici a batteria (BEV) in Italia;
- guardando alle immatricolazioni, il parco auto elettrico rappresenta circa il 3,6% sul mercato totale nazionale;
- l'Italia è il solo tra i principali Paesi europei ad avere una quota di mercato dei veicoli BEV in calo.

Ciò testimonia come gli italiani, nonostante gli ingenti investimenti infrastrutturali messi in atto, ancora non sono del tutto disposti ad affidarsi completamente a questa nuova tecnologia.

Parlando degli ostacoli maggiormente pertinenti alla lunga percorrenza, i più rilevanti sono senza dubbio:

- la scarsa autonomia delle batterie e i tempi di ricarica;
- la difficoltà di trovare punti di ricarica pubblici, in particolare lungo le autostrade: secondo i dati dell'Autorità di Regolazione dei Trasporti, infatti, lungo l'intera rete autostradale si contano circa quattro punti di ricarica veloce e ultraveloce ogni 100 km.
- la capillarità dei punti di ricarica: secondo uno studio condotto da *Motus-E* sono circa 32.000 (Ottobre 2022) in tutto il territorio italiano e dislocati in circa 13.000 punti accessibili agli utenti, contro i circa 21.787 benzinai e le molto più numerose pompe di benzina.
- la distribuzione geografica dei punti di ricarica, con circa il 57% delle infrastrutture distribuito nel Nord Italia e solo il 20% al Sud e nelle isole.

Tali vincoli potrebbero rappresentare un'interessante opportunità per il segmento *auto al seguito*, in quanto i proprietari di veicoli elettrici potrebbero approfittare del servizio per compiere lunghi spostamenti tra centri urbani, tagliando alla radice il problema dell'autonomia e venendo incontro soprattutto ai veicoli di fascia bassa (citycar, utilitarie), le quali potrebbero sfruttare al meglio il servizio.

In passato quest'idea è stata già presentata, ma si è sempre trattato di concept mai sviluppati. Uno degli esempi più noti è quello della casa automobilistica svizzera *Rinspeed* che, nel 2010, presentò al Salone di Ginevra un prototipo di grande innovazione, con il quale ci si proponeva di integrare e mettere in comunicazione servizi collettivi e trasporto privato, ovvero il modello *UC?* (Figura 8.1).

Si trattava di una citycar elettrica la quale, vista la limitata autonomia del mezzo, poteva essere spostata da un centro urbano all'altro su appositi treni sui quali far viaggiare mezzi e viaggiatori. La grande innovazione, inoltre, stava nel fatto che i veicoli si potessero ricaricare durante il viaggio, in modo tale da avere le batterie cariche per proseguire i propri spostamenti una volta giunti a destinazione.

Sebbene la casa produttrice si sia messa in contatto con numerosi gestori ferroviari e produttori automobilistici, però, la vettura è rimasta solo un concept e non è mai stata avviata la produzione in serie.



Figura 8.1: Rinspeed UC?

Un altro esperimento di integrazione fra trasporto ferroviario e privato è da attribuire alla francese SNCF (Société Nationale des Chemins de fer Français) la quale, nel 2013, strinse con la nipponica Nissan una *partnership* volta ad offrire ai proprietari del modello Leaf speciali sconti ed agevolazioni per usufruire del servizio *Auto Train*, oggi soppresso, tra il Nord ed il Sud del Paese (Figura 8.2). Grazie a tale accordo, gli utenti avevano così modo di ricaricare in loco le batterie del veicolo grazie alle unità di ricarica rapida installate nei terminal individuati e poi caricarlo sul treno per il viaggio notturno. I vantaggi erano molteplici (si vedano le Tabelle 8.1 e 8.2), ma il servizio durò solo pochi anni.

---

### **Vantaggi**

---

- Prezzi di trasporto veicolo competitivi
  - Una coppia di treni al giorno in alta stagione (luglio-agosto)
  - Risparmio sui costi di carburante e pedaggio
  - Comfort di viaggio
  - Sconti ed agevolazioni per i possessori di Nissan Leaf
- 

Tabella 8.1: Vantaggi del servizio *Auto Train* di SNCF (Elaborazione personale).

---

## Svantaggi

---

Prezzi elevati per i passeggeri

Una coppia di treni a settimana in bassa stagione (novembre-aprile)

Due coppie di treni a settimana in media stagione

Complessa organizzazione delle aree di carico e scarico

---

Tabella 8.2: Svantaggi del servizio *Auto Train* di SNCF (Elaborazione personale).



Figura 8.2: Carico di Nissan Leaf presso la stazione di Parigi Bercy.

In merito a questa opportunità, sorgono due domande di particolare interesse:

- *come poter ricaricare le batterie dei veicoli durante il trasporto?*
- *la potenza a disposizione offerta tramite la rete di alimentazione ferroviaria è sufficiente?*

Il tema è emerso già durante la fase di analisi della domanda (Cap.3). Durante le interviste effettuate, molti rispondenti hanno sollevato la questione, mostrando interesse verso una potenzialità di fatto inespressa dal servizio per come oggi viene concepito.

Una soluzione potrebbe essere quella di dotare i treni di carri appositi per il trasporto di veicoli elettrici, che potrebbero essere ricaricati grazie a prese elettriche dedicate [21]. Ciò è già realtà, ad esempio, in Finlandia, grazie ai nuovi carri porta veicoli presentati in 1.4.2.

Il problema dell'assorbimento totale di energia elettrica non si porrebbe, dato che, per un viaggio di durata compresa tra le dieci e le dodici ore, la potenza da erogare a ogni singola vettura potrebbe essere piuttosto bassa e, quindi, sostenibile. Considerata, infatti, una linea di contatto a 3 kV CC, un picco di assorbimento intorno ai 3000 A (potenza massima 9 MW) e una locomotiva di potenza oraria pari a 6 MW al traino di un convoglio passeggeri,

una parte della potenza elettrica disponibile potrebbe essere utilizzata per scopi diversi, come la ricarica dei veicoli elettrici al seguito, senza compromettere la circolazione.

Nell'ipotesi di un viaggio di dieci ore, sarebbe dunque possibile ricaricare di circa l'80% un'auto con batteria da 40 kWh ad una potenza vicina ai 3 kW, analoga a quella che si ha a disposizione nella propria abitazione. Considerato che un carro bisarca può trasportare al massimo 8/10 veicoli, basterebbe quindi dotare ognuno di essi di un inverter da 20/30 kW connesso con la condotta REC. Quest'ultima può portare 800 Ampere a 3 kV, quindi il numero massimo di veicoli in carica (e dunque di carri) sarebbe comunque di gran lunga superiore ai volumi di trasporto attesi.

In conclusione, questa opportunità potrebbe apportare numerosi vantaggi e sposarsi perfettamente con lo sviluppo della mobilità elettrica. I principali punti emersi vengono di seguito riproposti.

- La scarsa autonomia dei veicoli verrebbe colmata dal servizio ferroviario e dalla possibilità di ricaricare i veicoli durante il viaggio;
- I veicoli a ridotta autonomia sarebbero adatti anche per lunghe distanze grazie alla possibilità di impiegarli solo per gli spostamenti interni;
- Grazie al fatto che i veicoli elettrici a batteria sono collegati tra di loro e al treno, sarebbe possibile utilizzare pianificare innovative strategie operative che consentirebbero di aumentare l'efficienza complessiva del sistema;
- Le lunghe distanze potrebbero essere coperte a maggiore velocità su rotaia, considerando che si annullerebbero i tempi di sosta legati alla ricarica del mezzo.

## 8.2 Evoluzione dei convogli

Rimanendo in ottica futura, reputo interessante mettere luce su alcune delle proposte tecnologiche che è possibile implementare sui servizi notturni al fine di ampliare ulteriormente il mercato, con particolare riguardo verso le direttrici internazionali.

### Velocità

Il caso studio affrontato ha tenuto in considerazione convogli con velocità massime limitate a 160 km/h, sebbene si debba tener conto di una velocità media ben più bassa, nell'ordine dei 100 km/h. Al fine di potenziare il trasporto ferroviario notturno e renderlo realmente competitivo anche su tratte internazionali, un requisito minimo sarebbe quello di aumentare le velocità di percorrenza. Ad esempio, ipotizzare una velocità superiore ai 250 km/h consentirebbe a un treno notturno di poter circolare sia sulle linee tradizionali sia su quelle AV, consentendo quindi al convoglio di poter percorrere in una sola notte distanze ben superiori a quelle considerate.

A tal proposito, in ambito europeo si è parlato di “Very Long Distance Night Train” (VLDNT), ovvero di collegamenti notturni internazionali ad alta velocità volti a coprire distanze nell’ordine dei 2.000 km [40]. Sebbene l’idea possa sembrare particolarmente interessante da approfondire, attualmente non sono presenti soggetti disposti a costruire o finanziare una flotta di tali convogli per entrare in un mercato di fatto mai testato prima.

In Italia l’unico esempio di collegamento AV notturno è il servizio stagionale Frecciarossa collegante Milano con Reggio Calabria. L’unico Paese al mondo con treni notturni ad alta velocità è, invece, la Cina (Figura 8.3).

Tale passo in avanti dal punto di vista tecnologico aprirebbe il mercato ad un numero notevole di nuovi collegamenti, soprattutto laddove la rete AV è maggiormente strutturata come Italia, Francia, Spagna e Germania. Tuttavia, le barriere da superare in tal senso sono numerose e riguardano:

- gli attuali limiti in termini di interoperabilità ferroviaria e di ingresso in mercati dominati dalle imprese nazionali;
- la necessità di dover progettare delle vetture letto adatte a maggiori velocità;
- eventualmente, la necessità di dover progettare dei carri adatti ad implementare anche il servizio di trasporto veicoli.



Figura 8.3: Treno notturno ad alta velocità operato da China Railway (Fonte: railjournal.com; 2017).

### **Scartamento variabile**

In merito a quanto detto circa i collegamenti internazionali, occorre evidenziare che uno dei limiti tecnici più gravosi da affrontare è quello relativo alle differenze di scartamento. Paesi come Spagna e Portogallo, ma anche Finlandia, Russia e Paesi baltici presentano scartamenti maggiori rispetto al classico valore di 1435 mm.

Realizzare collegamenti internazionali verso questi Paesi equivarrebbe a dover ricorrere ad un cambio di treno o all'impiego di vetture a scartamento variabile. A tal proposito, esistono alcuni produttori specializzati nella produzione di questi mezzi (CAF, Talgo ecc.), ma il loro impiego aumenterebbe notevolmente i costi e potrebbe portare a maggiori complessità nell'ottenimento delle omologazioni dei nuovi treni notturni da parte delle Autorità preposte alla sicurezza.

In passato, tali collegamenti erano presenti anche in Italia, un esempio è l'Euronight Milano-Barcellona (Figura 8.4), attivo fino al 2012, caratterizzato da carrozze Talgo adibite al servizio notturno, che effettuavano automaticamente il cambio di scartamento dei carrelli tra quello europeo e quello iberico.



Figura 8.4: Euronight Milano-Barcellona in partenza dalla stazione di Milano Centrale (Andrés Ignacio Martínez Soto - Fotografia autoprodotta; 2010).

### **Carrozze letto bipiano**

Al fine di aumentare il traffico passeggeri, senza agire sulla lunghezza del convoglio, si potrebbe pensare di aumentare la capienza delle singole vetture riadattando le già esistenti carrozze bipiano ad un servizio passeggeri notturno, tenendo comunque a mente i limiti di sagoma presenti per le linee europee.

Tuttavia, ad oggi i produttori non offrono carrozze letto a due piani sul mercato e gli esemplari circolanti in Europa sono poco comuni. Alcune carrozze sono in possesso di ÖBB e circolano lungo le tratte Amburgo-Zurigo e Vienna-Zurigo (Figura 8.5).

Tali modelli sono più comuni negli Stati Uniti, in Russia ed in Asia, laddove i profili limite del materiale rotabile sono meno restrittivi.



Figura 8.5: Carrozza letto bipiano di ÖBB impiegato lungo le tratte Amburgo-Zurigo e Vienna-Zurigo (Fonte: *The Man in Seat Sixty-One*).

### 8.2.1 Carri ferroviari

L'ipotesi di una pianificazione a medio-lungo termine del servizio auto + treno potrebbe portare ad esaminare anche la possibilità di introdurre materiale rotabile del tutto innovativo e moderno per il trasporto dei veicoli. Un valido ritorno di esperienza è fornito da ÖBB, che ha sondato in passato la fattibilità di acquisto di nuovi carri per il trasporto di veicoli, denominati "carjet" (Figura 8.6). Tali carri, a differenza dei DDm attualmente impiegati, sono ad unico pianale, fattore che limita la capacità di carico, ma presentano la particolarità di essere chiusi, risolvendo in tal modo notevoli problematiche relative alla sicurezza di trasporto dei veicoli. Il progetto è stato accantonato a causa delle molteplici incertezze relative all'andamento futuro di domanda del settore, le quali avrebbero reso troppo rischioso ed inopportuno un investimento su carri del tutto nuovi. Sebbene il concept sia attualmente in sospenso, esso può essere nuovamente preso in considerazione in tempi piuttosto rapidi.



(a)

(b)

Figura 8.6: Concept di carro ferroviario "carjet" adibito al trasporto di veicoli (Fonte: Železničář, [63])

ÖBB ha anche valutato l'acquisto di carrozze chiuse monopiano usate per il trasporto di veicoli stradali. Un esempio, è l'innovativo prototipo realizzato in collaborazione con RSI (Rail Services International) basato su carrozza passeggeri opportunamente riadattata per tale compito. Come si può osservare dalle Figure 8.7a e 8.7b, la maggior parte degli interni è stata totalmente eliminata

e, al contempo è stata realizzata un'ampia apertura frontale accessibile per il carico dei veicoli rimuovendo porte, luci e soffietti.



(a)



(b)

Figura 8.7: Concept di carrozza ferroviaria riadattata per il trasporto di veicoli realizzato da RSI [55].

### 8.3 Proposte di ripristino su tratte nazionali

A distanza di più di un decennio dalla soppressione del servizio "auto al seguito" da parte dell'operatore ferroviario nazionale, è stato possibile dimostrare che l'utenza potenziale interessata alla reintroduzione di tali collegamenti è tutt'oggi presente e disposta a considerare tale soluzione di viaggio per i propri spostamenti tra Nord e Sud Italia.

Alla luce di tali considerazioni, ho elaborato alcune proposte di ripristino del servizio su ulteriori tratte nazionali. In questo modo, tale sezione potrà esser presa come riferimento da chi sia intenzionato a approfondire la ricerca sul tema trattato e ad applicare il metodo di studio proposto lungo altre direttrici.

L'obiettivo di un'eventuale impresa interessata sarà quello di inserirsi all'interno dell'offerta ferroviaria cercando di estendersi lungo i corridoi ferroviari di maggior traffico. Nel presente lavoro è stato dato maggiore spazio alla linea adriatica, prevedendo dei collegamenti diretti verso la Puglia previo ripristino del terminal di Bari Centrale.

Lo stesso potrebbe configurarsi per la linea tirrenica, valutando l'opportunità di riattivare i terminal di:

- Lamezia Terme Centrale;
- Villa San Giovanni.

In tal modo, sarebbe possibile pensare a dei collegamenti fra la Calabria e i principali centri del nord-ovest come Genova e Torino, senza escludere servizi diretti verso la Capitale. Da non escludere, inoltre, il potenziale bacino d'utenza della Sicilia, che potrebbe essere ulteriormente attratto mediante servizi di multimodalità auto + treno + traghetto con carico dei veicoli a Villa San Giovanni.

Sarebbe, inoltre, opportuno valorizzare maggiormente i terminal del Centro e Nord Italia ancora in buono stato, al fine di riattivare in tempi brevi servizi a carattere nazionale ed internazionale. Oltre il già citato terminale di Verona Porta Nuova, ne sono un esempio gli impianti di:

- Trieste Centrale;
- Alessandria;
- Livorno Centrale.

Resta da valutare la fattibilità di ripristino del servizio su Milano, in quanto l'area dell'ex impianto di San Cristoforo è oggetto di riqualificazione grazie alla prossima apertura della fermata della linea Metropolitana M4, mentre il terminal della stazione di Porta Garibaldi è ad oggi smantellato.

Un discorso a parte meritano, infine, i servizi notturni con veicoli al seguito diretti verso le località dell'arco alpino. In particolare, mi riferisco ai collegamenti diretti da Roma verso i principali centri dell'Alto Adige e del Veneto, ideali da un punto di vista turistico vista la doppia stagionalità offerta. La recente riattivazione dell'*ICN Roma Termini-San Candido* ha infatti riaperto il dibattito nazionale in merito al ripristino del servizio "auto al seguito" e alla sua estensione lungo simili direttrici, a vantaggio di aree di notevole interesse quali la Val Pusteria e le Dolomiti. A patto di ripristinare le attrezzature necessarie, sarebbe dunque interessante studiare la fattibilità di reintroduzione di collegamenti notturni con veicoli al seguito quali:

- Roma-Bolzano-Fortezza-San Candido;
- Roma-Calalzo di Cadore;

Proporre una soluzione di viaggio volta a limitare l'utilizzo del mezzo privato ai soli spostamenti interni potrebbe dunque essere una soluzione vincente da estendere lungo tutto il Paese, soprattutto alla luce del rinnovato interesse verso un approccio più sostenibile agli spostamenti.



Figura 8.8: Espresso 1607 Calalzo-Roma Tiburtina nella stazione di Calalzo (Fonte: clamfer.it, foto A. Bertagnin - 2011)



# Capitolo 9

## Conclusioni

Lo studio presentato ha permesso di rispondere a tutte le questioni poste nell'introduzione iniziale.

- *Esiste una nicchia di mercato nazionale interessata al trasporto ferroviario notturno e al servizio veicoli al seguito?*

Sì, esiste una nicchia di mercato rivolta verso il trasporto ferroviario notturno ed interessata al servizio veicoli al seguito. Essa è stata quantificata eseguendo un'indagine SP, grazie alla quale ho potuto concludere che i rispondenti si sono dimostrati **fortemente interessati ed incuriositi** dal rinnovato interesse verso questo modo di trasporto che, proprio in relazione al contesto italiano in esame e ad un crescente interesse verso l'ambiente e la sostenibilità, potrebbe godere di un nuovo periodo di sviluppo. A testimonianza di ciò salta all'occhio che più di nove intervistati su dieci ad aver mostrato interesse verso la possibile reintroduzione del servizio proposto.

- *In che modo garantire un servizio moderno ed efficiente al fine di renderlo appetibile per l'utenza?*

Gli aspetti da considerare sono molteplici: occorre prima di tutto partire dalle **richieste degli attuali viaggiatori**, al fine di comprendere di cosa essi hanno bisogno a bordo; ciò dovrebbe essere poi confrontato con la **dotazione delle vetture** impiegate per l'espletamento del servizio. Andrebbero fatti, inoltre, maggiori studi in merito all'**ottimizzazione delle procedure di carico e scarico dei mezzi**; in tal senso, diventa fondamentale garantire delle operazioni quanto più rapide possibile, facilitando poi l'accesso dei viaggiatori sul treno mediante percorsi dedicati o progettando nuove banchine adiacenti alle aste di carico.

- *In che misura le variabili socio demografiche influenzano la scelta modale? È possibile individuare un profilo del potenziale utente medio interessato?*

A tal proposito è stata realizzata un'**analisi** applicando un **modello di regressione logistica**, finalizzato a stabilire quali sono le caratteristiche comuni degli utenti più propensi all'utilizzo del servizio auto + treno.

Nello specifico, si è individuato un tipo di viaggiatore particolarmente rispettoso dell'ambiente, favorevole a modi di spostamento più sostenibili e con un grado di istruzione elevato. La fascia d'età più interessata è stata quella compresa tra i 30 e i 45 anni, con maggiore interesse verso viaggi di piacere organizzati in compagnia (coppia o famiglia).

- *Quanto incide sulla scelta modale la possibilità di caricare a bordo del treno il proprio veicolo?*

Si è dimostrato che l'opzione di trasporto del mezzo privato viene vista come un'**opportunità** dal viaggiatore nel momento in cui ha modo di accedere ad un livello di servizio medio-alto, giustificando così i costi maggiori di spostamento. Si noti, però che la probabilità di scelta ottenuta tramite il modello realizzato è molto bassa nel caso di livelli di comfort elevati per via degli alti costi complessivi in gioco. Si consideri, però, che in tale analisi non sono state fatte analisi di dettaglio in merito ad eventuali **promozioni** riservate a comitive o famiglie, che sicuramente invoglierebbero un maggior numero di viaggiatori ad usufruire del servizio.

- *Quali sono le voci di spesa che un'eventuale impresa ferroviaria interessata dovrebbe sostenere ai fini della riattivazione di tali collegamenti?*

La voce di costo più complessa da analizzare è certamente quella relativa al **parco rotabili**. Data infatti la vetustà delle carrozze letto circolanti e la quasi totale assenza di carri bisarca disponibili sul mercato, l'impresa dovrebbe rivolgersi all'industria per la fornitura di nuovo materiale, il quale avrebbe un costo rilevante che dovrebbe poi essere ammortizzato nel corso del tempo. A ciò si aggiungono tutti i **costi operativi** legati al servizio, tenendo a mente che un collegamento notturno, a maggior ragione se con veicoli al seguito, comporta spese maggiori in termini di **personale** e operazioni di **movimentazione veicoli** a fronte di una capienza ridotta dei convogli rispetto ad analoghi collegamenti diurni. Non sono state considerate voci di costo riguardanti il personale amministrativo e dirigenziale dell'impresa, spese logistiche e di pubblicità, formazione del personale e gestione della sala operativa.

- *Un servizio auto + treno può rivelarsi economicamente sostenibile all'interno del contesto italiano?*

Essendo un servizio dedicato ad una **nicchia di mercato contenuta**, è difficile immaginare che un'impresa ferroviaria si dedichi soltanto a questo tipo di servizi. Tuttavia, sarebbe sostenibile per un'azienda strutturata garantire questi collegamenti all'interno del contesto italiano, a maggior ragione se venisse evidenziata la sua valenza **sociale** oltre che **turistica**, al fine di poter giovare di **sovvenzioni** di tipo pubblico destinate ai collegamenti a lunga percorrenza di rilevanza nazionale. Ulteriori fonti di sostegno potrebbero essere garantite dagli enti regionali del turismo, al fine di valorizzare le aree toccate da tali collegamenti.

- *Quali sono le criticità tecniche, normative ed infrastrutturali da affrontare per una reintroduzione di questi collegamenti?*

Le criticità da affrontare sono numerose e per questo occorre un **ap-proccio sinergico** tra imprese ferroviarie, gestori dell'infrastruttura e decisori politici. Gli **investimenti** da considerare sono da destinare in primis alle infrastrutture di movimento veicoli. La questione relativa a nuove vetture e nuovi carri bisarca andrebbe invece approfondita in relazione alle disponibilità del mercato e all'offerta dei produttori. Da un punto di vista normativo, infine, occorre impegnarsi al fine di **facilitare l'accesso** da parte di imprese ferroviarie nazionali e non all'infrastruttura, in modo tale da poter portare i propri servizi sui binari e ampliare l'offerta a beneficio degli utenti.

Ci tengo a precisare che il lavoro svolto presenta dei limiti inevitabili, determinati dall'imprecisione dei dati a mia disposizione e dagli strumenti a cui mi sono potuto affidare. Ho inoltre applicato, per necessità, diverse ipotesi esemplificative, sia nella parte di studio della domanda sia in quella di analisi finanziaria, tuttavia si sono toccati i punti più importanti per arrivare a dare concreto risalto al tema affrontato.

## 9.1 Possibili sviluppi di ricerca

Le ricadute pratiche offerte da questo lavoro sono notevoli e trasversali, pertanto rimando al Capitolo 8, per una panoramica sui numerosi altri stimoli di discussione in merito al tema trattato.

In primo luogo, occorrerebbe approfondire tramite un'**analisi di mercato** più specifica l'interesse dei viaggiatori verso questo modo di trasporto. Mi preme evidenziare la rilevanza di tali collegamenti per avvicinare il Sud Italia ai principali centri nazionali, in quanto, in quest'area del Paese, la carenza di infrastrutture e l'inefficienza del servizio di trasporto pubblico, renderebbero il servizio auto + treno particolarmente competitivo.

In merito all'**analisi della domanda**, occorre poter superare i limiti numerici imposti in fase di modellazione e procedere con la creazione di un'indagine più approfondita, capace di considerare un maggior numero di attributi e, dunque, di dati da analizzare.

A beneficio di futuri studi, mi sento di suggerire ulteriori aspetti da trattare quali:

- il ruolo giocato dagli **orari di partenza e arrivo**;
- il previsto **aumento dei costi** di viaggio in aereo;
- il ruolo giocato dalla **frequenza del servizio** e dall'affidabilità del treno in termini di **puntualità**;
- la varietà dell'utenza di riferimento e la possibilità di concentrare lo studio su **specifiche categorie di utenti**, come ad esempio le famiglie;

- il ruolo all'interno di questo scenario degli **autobus notturni** a lunga percorrenza, il cui mercato è in forte crescita;
- la possibilità di approfondire maggiormente il tema del **comfort** e degli specifici servizi offerti a bordo del treno, dedicando magari uno studio interamente a questo aspetto ed esaminandolo in maniera quantitativa.

Focalizzandosi, invece, sul **materiale rotabile**, potrebbe essere interessante approfondire il tema della progettazione ed industrializzazione di nuovi carri per il trasporto veicoli, che siano in grado di garantire standard più elevati in termini di velocità e capacità, integrandoli anche alla mobilità elettrica privata.

Da un punto di vista della **progettazione infrastrutturale**, invece, resta aperto e da valutare il tema dei terminal di carico e scarico veicoli. Scendere maggiormente nel dettaglio dei singoli impianti potrebbe essere un'opportunità per metter luce su queste aree e per riportarle al loro originale utilizzo. Questo si sposerebbe, in fase operativa, alla **logistica** legata ai movimenti dei veicoli privati all'interno dei piazzali per ottimizzare le procedure di accettazione dei veicoli in partenza e lo scarico di quelli in arrivo.

In merito alla riapertura di questi impianti, bisognerebbe condurre un'**analisi costi-benefici** volta a rapportare gli aspetti puramente finanziari legati alla progettazione dei terminal ad altri aspetti più difficili da quantificare, come i benefici per l'ambiente e la riduzione dei veicoli lungo le arterie stradali.

## 9.2 Considerazioni finali

Giunti al termine di questa tesi è necessario riprendere i numerosi aspetti toccati, auspicando che tale lavoro possa accendere una luce sul tema a livello nazionale.

I risultati raggiunti sono di vario aspetto, pertanto ognuno di essi meriterebbe un maggior approfondimento a partire da quanto presentato in queste pagine.

- In primo luogo, è stato realizzato un **modello di scelta modale** per lo studio della potenziale domanda di un servizio a lunga percorrenza che presenta delle peculiarità assenti in numerosi strumenti applicati per simili problematiche, prima fra tutte l'importanza data al **comfort** a bordo del mezzo considerato. Ho cercato di **generalizzare la metodologia** in modo tale da mettere in evidenza la sua **esportabilità** rispetto a differenti contesti;
- Ho ottenuto dei risultati attendibili in termini di scelta modale, concludendo che il servizio auto al seguito, in un contesto come quello italiano, **può ancora ben integrarsi con le altre alternative di trasporto**. In particolare, ciò è valido per i lunghi soggiorni, con parte dell'utenza proveniente dalla categoria di viaggiatori solita spostarsi col mezzo privato, mentre per brevi periodi di viaggio (ad esempio un week-end),

l'aereo resta il vettore di trasporto principale sulle lunghe distanze, a cui si include la possibilità di usufruire dell'opzione fly & drive.

- Altro aspetto doveroso da sottolineare è l'applicazione dei risultati ad un caso studio reale: è stato pianificato, in via indicativa, un **servizio passeggeri nazionale**, individuando due potenziali direttrici per poi evidenziare le criticità legate all'attivazione e le possibili soluzioni. Nello specifico, sono state individuate delle **aree** tali da poter essere adibite a nuovi terminali ed è stata presentata un'originale soluzione per consentire la salita e discesa dei mezzi tramite **rampe mobili**. Sono inoltre state fatte delle valutazioni in merito ai tempi di percorrenza ed alla quantificazione della domanda sulla base dei risultati ottenuti dal modello. Ho deciso di proporre una trattazione ad alto livello di questi temi, i quali poi, se reputati di interesse verranno valutati nel dettaglio dai soggetti di competenza.
- Infine, un appunto va fatto in merito all'**analisi finanziaria** sviluppata nell'ultima parte della tesi. Essa fornisce **per la prima volta in letteratura a livello nazionale**, una sintesi dei principali costi che un'impresa ferroviaria deve affrontare per poter pianificare un servizio come quello presentato. Inoltre, è stata anche fornita una panoramica relativa ai costi che dovrebbe considerare il gestore dell'infrastruttura per poter attivare il sistema auto + treno presentato.

Le possibilità di ricerca sono, quindi, innumerevoli e, con il passare del tempo, i ritorni di esperienza generati dal crescente interesse verso il tema saranno fondamentali per poter aumentare la possibilità di rivedere sulle direttrici nazionali principali un servizio tanto desiderato quanto utile per la collettività.



# Appendice A

## Limiti altezze carico carri DDm

Le seguenti tabelle riportano i valori delle altezze massime del carico sul pianale superiore ammesse a circolare con sagoma limite FS sui carri DDm in uso per il trasporto veicoli al seguito.

Eventuali deroghe devono essere autorizzate da RFI con opportune TES (Trasporti Eccedenti Sagoma). In merito alle posizioni dei veicoli da rispettare sul carro, si veda la Figura 1.17.

Per la fornitura della documentazione si ringrazia l'azienda Grandi Treni Espressi S.p.A.

Altezza massima auto pianale superiore [cm] - Sagoma FS, Carri 65 84 09 70 001-047 (ex SNCB)		Distanza dal perno più vicino [m]													
		3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5
Larghezza Tetto Auto [cm]	fino a 125 - cat. A1	163	168	174	180	185	191	197	203	208	214	214	214	214	214
	da 125,1 a 135 - cat. A2	157	162	168	147	179	185	191	197	202	208	208	208	208	208
	da 135,1 a 155 - cat. A3	145	150	156	162	167	173	179	185	190	196	196	196	196	196

Altezza massima auto pianale superiore [cm] - Sagoma FS, Carri 65 84 09 70 001-047 (ex SNCB)		Posizione				
		1	2	3	4	5
Larghezza Tetto Auto [cm]	fino a 125 - cat. A1	168	197	214	197	163
	da 125,1 a 135 - cat. A2	162	191	208	191	157
	da 135,1 a 155 - cat. A3	150	179	196	179	145

# Appendice B

## La liberalizzazione del trasporto ferroviario europeo

L'Appendice B offre una breve panoramica del quadro normativo ferroviario di riferimento a livello europeo e nazionale, con una descrizione delle sue caratteristiche principali e della sua evoluzione nel corso del tempo, al fine di fornire un contesto completo e comprensibile per il lavoro svolto.

In merito a ciò, farò riferimento a quanto esaminato con l'Ing. Sergio Simeone, esperto di tecnica e normativa ferroviaria, il quale aiuto è stato molto importante per la comprensione del tema.

L'argomento, di grande importanza per il lavoro presentato, viene trattato separatamente per garantire continuità e chiarezza alla trattazione principale.

La liberalizzazione del trasporto ferroviario passeggeri in Europa è una questione relativamente recente. Il testo fondamentale da cui partire è la **Direttiva 91/440/CE**, recepita in Italia attraverso il **D.lgs 146/99**, con il quale si è avviato il processo di realizzazione di un mercato unico europeo, andando a distinguere due entità fondamentali, fino ad allora rappresentate da un unico soggetto, ovvero:

- le imprese ferroviarie;
- i gestori dell'infrastruttura.

Tale Direttiva ha rappresentato un forte cambiamento in un settore caratterizzato da una presenza statale considerevole, dovuta soprattutto alle nazionalizzazioni degli inizi del ventesimo secolo. I risvolti di ciò sono stati diversi a seconda del Paese considerato. Alcuni Stati, infatti, hanno adottato una separazione radicale tra gestore dell'infrastruttura e imprese di trasporto, mentre altri prevedono il coinvolgimento del gestore dell'infrastruttura all'interno dello stesso gruppo societario dell'impresa ferroviaria principale.

In quest'ultima categoria rientra l'Italia, in cui le Ferrovie dello Stato Italiane, in veste di holding, controllano:

- il polo infrastrutture, con a capo Rete Ferroviaria Italiana (RFI);
- il polo passeggeri, con a capo Trenitalia S.p.A

Il processo di liberalizzazione è stato poi completato grazie all'adozione di diverse direttive e regolamenti, noti come "**Pacchetti ferroviari**".

- **PRIMO PACCHETTO FERROVIARIO (2001)**: ha avviato l'apertura del mercato alla concorrenza, garantendo un accesso equo e non discriminatorio alla rete ferroviaria e istituendo un regime di canoni di accesso alla stessa. Sono state introdotte le tariffe per l'uso dell'infrastruttura, i certificati di sicurezza e le licenze ferroviarie;
- **SECONDO PACCHETTO FERROVIARIO (2004)**: Il secondo pacchetto, del 2004, ha promosso la sicurezza e l'interoperabilità del sistema ferroviario europeo tramite l'istituzione dell'Agenzia dell'Unione europea per le ferrovie (ERA).
- **TERZO PACCHETTO FERROVIARIO (2007)**: ha permesso l'apertura del mercato nel traffico viaggiatori transfrontaliero e ha introdotto diritti specifici per i passeggeri e le imprese di trasporto. Ha introdotto, inoltre, una licenza unitaria per i macchinisti, che quindi non dovranno più essere sostituiti alle frontiere.
- **QUARTO PACCHETTO FERROVIARIO (2016)**: ha promosso la creazione di uno spazio ferroviario unico europeo e l'ulteriore apertura del mercato dei servizi di trasporto ferroviario nazionale passeggeri. In questo modo, alle imprese ferroviarie è stato concesso, a condizioni eque, non discriminatorie e trasparenti, il diritto di accesso all'infrastruttura ferroviaria di tutti gli Stati membri, fatto salvo quanto previsto dal Regolamento (CE) 1370/2007, in merito all'esistenza di un contratto di servizio pubblico. L'obiettivo principale è quello di favorire una maggiore concorrenza nel settore e di garantire un servizio efficiente per i passeggeri.

Con l'emanazione di tali pacchetti, si è arrivati all'introduzione delle cosiddette **Specifiche Tecniche d'Interoperabilità (STI)**, le quali rappresentano le linee guida necessarie per garantire che i treni possano circolare su tutte le reti ferroviarie degli Stati membri dell'Unione Europea, senza dover affrontare problemi tecnici o di sicurezza dovuti a differenze tra i vari sistemi nazionali. Ciò è particolarmente importante per i collegamenti transfrontalieri, caratterizzati dall'attraversamento di diversi Paesi con diverse infrastrutture ferroviarie.

La creazione di un vero spazio ferroviario europeo risulta però molto lenta a causa della frammentazione della stessa e delle restrizioni di natura cogente applicate a livello nazionale dai singoli Paesi [14].

A ciò si aggiungono i limiti relativi ai diversi sistemi di segnalamento ancora attivi, all'omologazione di nuovo materiale e di attrezzature tecniche e alle complessità legate all'ingresso nel mercato ferroviario di nuove imprese.

Nel caso italiano, le principali sfide che un'impresa ferroviaria deve affrontare per pianificare dei servizi sulla rete sono:

- l'accesso all'Infrastruttura Ferroviaria Nazionale;

- i vincoli normativi imposti dall’Agenzia nazionale per la sicurezza delle ferrovie e delle infrastrutture stradali e autostradali (ANSFISA).

In particolare, per quanto riguarda il secondo punto, si fa riferimento al caso italiano, in cui:

- a partire dal 1° gennaio 2013, mediante il **Decreto ANSF n.04 2012 del 09 Agosto 2012**, è stato reso obbligatorio su tutta la rete RFI l’utilizzo di sole carrozze passeggeri dotate del sistema di comando e controllo centralizzato della chiusura delle porte di salita passeggeri (*lateralizzazione porte*);
- dal 2021, è obbligatorio dotarsi di impianto antincendio a bordo di tutti i rotabili in circolazione (**D.M. 28 ottobre 2005 “ Sicurezza gallerie ferroviarie”**, limitatamente ai requisiti previsti di antincendio a bordo treno).
- per l’accesso in determinate stazioni (ad esempio, Venezia Mestre e Venezia Santa Lucia), vi è l’obbligo di considerare una cabina di guida per ogni senso di marcia, indipendentemente dalla prestazione offerta dai mezzi. Tale vincolo obbliga le imprese ferroviarie a dover affrontare costi maggiori, legati all’impiego di due locomotive (una di testa e una di coda) oppure di una semipilota, per poter compiere le operazioni di inversione marcia al fine di non dover procedere attraverso operazioni di scomposizione del treno, o di inviare lo stesso in un secondo impianto per il completamento delle operazioni di manovra necessarie.

Questi requisiti obbligano le imprese ferroviarie, in particolare quelle estere, a doversi adattare a rigidi vincoli, assenti al di fuori dei confini nazionali italiani, e a considerare, conseguentemente, costi maggiori dovuti all’adeguamento del materiale rotabile a tali vincoli al fine di poter circolare.

In conclusione, per garantire una vera liberalizzazione del settore ferroviario, è indispensabile che le imprese ferroviarie abbiano accesso all’infrastruttura e ai servizi essenziali per svolgere i propri servizi di trasporto. Tuttavia, il legislatore nazionale e il GI, con il loro recente operato, non hanno fornito un contributo significativo volto a rendere più chiari gli standard di riferimento, soprattutto per i trasporti a medio e lungo raggio.

Pertanto, è necessario un impegno comune per raggiungere una maggiore armonizzazione normativa e tecnica, al fine di garantire un quadro uniforme per mirare ad una reale circolazione ferroviaria libera ed europea.



# Appendice C

## PFC e scomposizione a blocchi

In questa appendice riporto le matrici del Piano Fattoriale Completo e i blocchi che si sono andati a creare, specificando le variabili considerate.

Di seguito i blocchi relativi agli scenari comprendenti l'opzione *Auto*:

Auto		Treno+Auto				Aereo		Blocchi						
Cau	Tau	Ct	Tt	COMt	CVt	Ca	Ta	Cau*Tt	Tau*Tt	CVt*Ca	Cau*CVt	Ct*Ca		
-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
-1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	-1	1	1	0	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	-1	0	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	2
-1	-1	0	1	0	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
-1	-1	0	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
1	1	0	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
1	1	0	-1	0	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
1	1	0	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	3
-1	-1	-1	1	0	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
1	1	1	-1	0	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
-1	-1	-1	1	0	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	4
-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	1	-1	0	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	-1	0	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	5
-1	-1	0	1	0	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
-1	-1	0	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
1	1	0	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
1	1	0	-1	0	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
1	1	0	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
-1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	6
-1	-1	1	1	0	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
1	1	-1	-1	0	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	7
-1	-1	-1	1	0	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	1	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	-1	0	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	8
-1	-1	0	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
-1	-1	0	1	0	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
1	1	0	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
1	1	0	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	
1	1	0	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	

-1	-1	1	1	0	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	9
-1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	
-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	
1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	
1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	
1	1	-1	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	
-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	10
-1	-1	1	1	0	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	
-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	
1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	
1	1	-1	-1	0	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	
-1	-1	0	1	0	-1	-1	1	-1	-1	1	1	0	11
-1	-1	0	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	0	
-1	-1	0	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	0	
1	1	0	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	0	
1	1	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	0	
1	1	0	-1	0	1	1	1	-1	-1	1	1	0	
-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	12
-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	
-1	-1	-1	1	0	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	
1	1	1	-1	0	1	1	1	-1	-1	1	1	1	
1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	
1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	
-1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	13
-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	
-1	1	1	1	0	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	
1	-1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	
1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	
1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	
-1	1	0	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0	14
-1	1	0	1	0	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0	
-1	1	0	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	0	
1	-1	0	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	0	
1	-1	0	-1	0	-1	1	1	-1	1	-1	-1	0	
1	-1	0	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	0	
-1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	15
-1	1	-1	1	0	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	
-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	
1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	
1	-1	1	-1	0	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	
1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	
-1	1	-1	1	0	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	16
-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	
-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	
1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	
1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	
1	-1	1	-1	0	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	
-1	1	0	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	0	
-1	1	0	1	0	-1	1	1	-1	1	-1	1	0	

-1	1	0	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	0	17
1	-1	0	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	
1	-1	0	-1	0	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	
1	-1	0	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	
-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	18
-1	1	1	1	0	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	
-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	
1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	
1	-1	-1	-1	0	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	
1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	
-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	19
-1	1	-1	1	0	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	
-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1	
1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	
1	-1	1	-1	0	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	
1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	
-1	1	0	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	0	20
-1	1	0	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	0	
-1	1	0	1	0	1	1	1	-1	1	1	-1	0	
1	-1	0	-1	0	-1	-1	1	-1	1	1	-1	0	
1	-1	0	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	0	
1	-1	0	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	0	
-1	1	1	1	0	1	1	1	-1	1	1	-1	1	21
-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	
-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	
1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	
1	-1	-1	-1	0	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	
-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	22
-1	1	1	1	0	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	
-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	
1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	
1	-1	-1	-1	0	1	1	1	-1	1	1	1	-1	
1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	
-1	1	0	1	0	-1	-1	1	-1	1	1	1	0	23
-1	1	0	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	0	
-1	1	0	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	0	
1	-1	0	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	0	
1	-1	0	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	0	
1	-1	0	-1	0	1	1	1	-1	1	1	1	0	
-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	24
-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	
-1	1	-1	1	0	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	
1	-1	1	-1	0	1	1	1	-1	1	1	1	1	
1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	1	
1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	
-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	25
-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	
-1	1	1	-1	0	1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	
1	-1	-1	1	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	

1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1			
1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1			
-1	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	0	26		
-1	1	0	-1	0	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	0			
-1	1	0	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	0			
1	-1	0	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	0			
1	-1	0	1	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	0			
1	-1	0	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	0			
-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	27		
-1	1	-1	-1	0	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1			
-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1			
1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1			
1	-1	1	1	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1			
1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1			
-1	1	-1	-1	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	28		
-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1			
-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1			
1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1			
1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1			
1	-1	1	1	0	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1			
-1	1	0	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	0	29		
-1	1	0	-1	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	0			
-1	1	0	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	0			
1	-1	0	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	0			
1	-1	0	1	0	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	0			
1	-1	0	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	0			
-1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	30		
-1	1	1	-1	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1			
-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1			
1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1			
1	-1	-1	1	0	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1			
1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1			
-1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	31		
-1	1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1			
-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1			
1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1			
1	-1	1	1	0	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1			
1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1			
-1	1	0	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	0	32		
-1	1	0	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	0			
-1	1	0	-1	0	1	1	1	1	1	-1	1	-1	0			
1	-1	0	1	0	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	0			
1	-1	0	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	0			
1	-1	0	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	0			
-1	1	1	-1	0	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	33		
-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1			
-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1			
1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1			
1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1			
1	-1	-1	1	0	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1			

-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	34	
-1	1	1	-1	0	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1		
-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1		
1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1		
1	-1	-1	1	0	1	1	1	1	-1	1	1	-1		
1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1		
-1	1	0	-1	0	-1	-1	1	1	-1	1	1	0	35	
-1	1	0	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	0		
-1	1	0	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	0		
1	-1	0	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	0		
1	-1	0	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	0		
1	-1	0	1	0	1	1	1	1	-1	-1	1	0		
-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	36	
-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1		
-1	1	-1	-1	0	-1	-1	1	1	-1	1	1	1		
1	-1	1	1	0	1	1	1	1	-1	1	1	1		
1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1		
1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1		
-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	37	
-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1		
-1	-1	1	-1	0	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1		
1	1	-1	1	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1		
1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1		
1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1		
-1	-1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	0	38
-1	-1	0	-1	0	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	0	
-1	-1	0	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	0	
1	1	0	1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	
1	1	0	1	0	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	
1	1	0	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	
-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	39
-1	-1	-1	-1	0	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	
-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	
1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	
1	1	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	
1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	
-1	-1	-1	-1	0	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	40
-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	
-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	
1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	
1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	
1	1	1	1	0	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	
-1	-1	0	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	0	41
-1	-1	0	-1	0	-1	1	1	1	1	1	-1	1	0	
-1	-1	0	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	0	
1	1	0	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	0	
1	1	0	1	0	1	-1	1	1	1	1	-1	1	0	
1	1	0	1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	0	
-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	
-1	-1	1	-1	0	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	

-1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	42
1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	
1	1	-1	1	0	1	-1	1	1	1	-1	1	1	
1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	
-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	43
-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	-1	-1	
-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	
1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	
1	1	1	1	0	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	
1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	
-1	-1	0	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	0	44
-1	-1	0	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	0	
-1	-1	0	-1	0	1	1	1	1	1	1	-1	0	
1	1	0	1	0	-1	-1	1	1	1	1	-1	0	
1	1	0	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	0	
1	1	0	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	0	
-1	-1	1	-1	0	1	1	1	1	1	1	-1	1	45
-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	
-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	
1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	
1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	
1	1	-1	1	0	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	
-1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	46
-1	-1	1	-1	0	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	
-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	
1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	
1	1	-1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	-1	
1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	-1	
-1	-1	0	-1	0	-1	-1	1	1	1	1	1	0	47
-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	0	
-1	-1	0	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	0	
1	1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	0	
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	48
-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	
-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Di seguito, invece, i blocchi relativi agli scenari non comprendenti l'opzione *Auto*:

Treno notturno			Aereo (mattina)		Aereo (sera)	Blocchi		
Ct	Tt	COMt	Ca	Ta	Call	Ct*Ca	Tt*Ca	
1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	
1	1	0	-1	1	1	-1	-1	
-1	-1	0	1	1	1	-1	-1	
1	1	1	-1	1	1	-1	-1	
-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	
1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	2
-1	1	-1	1	1	1	-1	1	
1	-1	0	-1	1	1	-1	1	
-1	1	0	1	1	1	-1	1	
1	-1	1	-1	1	1	-1	1	
-1	1	1	1	1	1	-1	1	
0	1	-1	-1	1	1	0	-1	3
0	-1	-1	1	1	1	0	-1	
0	1	0	-1	1	1	0	-1	
0	-1	0	1	1	1	0	-1	
0	1	1	-1	1	1	0	-1	
0	-1	1	1	1	1	0	-1	
0	-1	-1	-1	1	1	0	1	4
0	1	-1	1	1	1	0	1	
0	-1	0	-1	1	1	0	1	
0	1	0	1	1	1	0	1	
0	-1	1	-1	1	1	0	1	
0	1	1	1	1	1	0	1	
1	-1	-1	1	1	1	1	-1	5
-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	
1	-1	0	1	1	1	1	-1	
-1	1	0	-1	1	1	1	-1	
1	-1	1	1	1	1	1	-1	
-1	1	1	-1	1	1	1	-1	
-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	6
1	1	-1	1	1	1	1	1	
-1	-1	0	-1	1	1	1	1	
1	1	0	1	1	1	1	1	
-1	-1	1	-1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	

# Appendice D

## Indagine SP

In questa appendice verrà mostrato l'intero svolgimento del questionario in tutte le sue parti principali.

Per quanto riguarda la scelta modale, verrà solo mostrato il processo di indirizzamento del rispondente secondo le preferenze scelte. Gli scenari d'esempio vengono invece mostrati nelle Figure 4.4 e 4.5.

Mi auguro che tale Appendice possa essere d'aiuto per lo svolgimento di simili lavori e sia di aiuto a chi volesse perfezionare il metodo impostato.

Riprendendo quanto contenuto nel Par. 4.3.1, il questionario ha inizio dal seguente messaggio introduttivo.



### Il treno notturno e il servizio "auto al seguito": studio di ripartizione modale

Benvenuto!

Sono uno studente di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile – Infrastrutture di Trasporto del Politecnico di Milano intento a redigere il proprio elaborato di tesi.

L'indagine alla quale stai prendendo parte è finalizzata allo studio della domanda di trasporto potenziale interessata **all'utilizzo del treno notturno e alla reintroduzione del servizio "auto al seguito" lungo la direttrice nazionale Nord-Sud.**

Si tratta di un servizio che consente di trasportare sia i viaggiatori all'interno delle vetture passeggeri sia auto e motoveicoli privati grazie ad appositi carri.

Lo scopo è di evitare agli utenti, molto spesso turisti, l'affaticamento dei lunghi percorsi di avvicinamento e l'intasamento della rete viaria.

Grazie alle risposte ricevute sarà possibile comprendere la reale competitività di questo servizio e capire quali sono le preferenze dei consumatori in termini di trasporto.

Le risposte sono **anonime** e saranno necessari solo pochi minuti per il completamento del questionario.

Grazie per il tempo dedicato, il tuo aiuto è molto importante.

 [simone.cannarsa@gmail.com](mailto:simone.cannarsa@gmail.com) (non condiviso) [Cambia account](#)



Proseguendo, il rispondente deve rispondere ad alcune domande preliminari a carattere socio-demografico. Si noti la presenza di due cartine dell'Italia su cui sono riportati due collegamenti nell'ordine dei 1000 km (in tal caso Torino-Bari e Bologna-Reggio Calabria) in modo tale da fornire all'utente un'idea concreta di un tipo di spostamento a lunga percorrenza per poter condurre le successive valutazioni in termini di scelta modale.

#### Domande preliminari

Le seguenti domande sono finalizzate alla costruzione di un identikit dell'utente tipo interessato al servizio in esame, sul quale poi un'eventuale impresa ferroviaria interessata potrà concentrarsi.

L'indagine farà riferimento a **spostamenti occasionali** compiuti su tratte di lunghezza compresa **tra gli 800 km e i 1500 km**.

Per avere un'idea di cosa si intenda con "**lunga distanza**", si prenda in considerazione uno spostamento ipotetico **di circa 1000 km**, ad esempio:

- Torino - Bari
- Bologna - Reggio Calabria



Sesso \*

- Maschio
- Femmina
- Preferisco non specificarlo

Età \*

- < 18
- 18/30
- 31/45
- 46/60
- > 60

Titolo di studio \*

- Licenza elementare
- Licenza media
- Diploma
- Laurea
- Dottorato di ricerca

Condizione occupazionale \*

- Studente
- Dipendente
- Autonomo/a
- Disoccupato/a
- Pensionato/a

Potresti indicare in quale delle seguenti classe è approssimativamente compreso \*  
il tuo reddito annuo?

- Basso
- Medio
- Alto

Hai la patente? \*

- Sì
- No

Disponi di un'automobile? \*

- Sì
- No

Successivamente si passa a delle domande incentrate sui motivi tipici di uno spostamento, sulla disponibilità ad un modo di trasporto più sostenibile e sulle preferenze generiche di spostamento.

**Mezzi, tempi e scelte per gli spostamenti occasionali a lunga distanza**

In questa sezione verranno considerate le abitudini di viaggio degli intervistati, le loro modalità di spostamento e i motivi che determinano tali scelte.

Per quale motivo solitamente viaggi? \*

Piacere/Svago

Lavoro

Seconda residenza

Altro: \_\_\_\_\_

Come valuti la tua disponibilità a modificare l'organizzazione di uno spostamento \* a lunga distanza verso soluzioni a minore impatto ambientale?

Elevata

Buona

Scarsa

Nulla

Qual è la modalità di trasporto che preferisci per viaggiare? \*

Moto

Auto

Autobus

Aereo

Treno

Altro: \_\_\_\_\_

In base alla risposta data all'ultima domanda si giunge a una delle seguenti schermate:

**Scelta del mezzo privato per gli spostamenti a lunga distanza**

Per quali motivi utilizzi il mezzo privato per viaggiare?

- Comodità del viaggio
- Autonomia di movimento
- Durata del viaggio
- Abitudine
- Economicità
- Non esistono alternative adeguate per spostarsi una volta a destinazione
- Maggiore libertà con i bagagli
- Affollamento mezzi pubblici
- Maggiore privacy e sicurezza percepita rispetto ai mezzi collettivi
- Altro: \_\_\_\_\_

**Scelta del mezzo collettivo per gli spostamenti a lunga distanza**

Per quali motivi utilizzi un mezzo collettivo per viaggiare?

- Economicità
- Per evitare congestioni lungo la rete stradale
- Mancata disponibilità di un mezzo/patente di guida
- Maggiore sicurezza durante il viaggio
- Stress e disagi ridotti
- Più veloce del mezzo privato
- Possibilità di impiegare il tempo di viaggio per altre attività (studio, lavoro, riposo ecc.)
- Ecosostenibilità
- Altro: \_\_\_\_\_

Ci si concentra successivamente sul trasporto ferroviario notturno e sul servizio auto al seguito. Il rispondente ha così modo di esprimere la sua opinione in merito a vantaggi e svantaggi di questo modo di spostamento. Si noti che ogni sezione viene introdotta con un'immagine esplicativa, in modo tale che si fornisca un'idea del mezzo di trasporto in esame.

#### Opinioni sull'utilizzo del treno notturno

La seguente sezione tratterà la possibilità di scelta del treno notturno. Si chiederanno opinioni in merito a tale alternativa di trasporto.

Nuovi livelli di sistemazione, treni notturni Nightjet, ÖBB (Austria):



Quali sono per te i **vantaggi** principali di un treno notturno? \*

- Viaggiare mentre si dorme
- Risparmiare una notte di alloggio dormendo in treno
- Arrivare a destinazione al mattino
- Maggiori libertà per il trasporto bagagli rispetto all'aereo
- Maggiore spazio e tempo libero a disposizione durante il viaggio
- Servizio bar/ristorante
- Altro: \_\_\_\_\_

Quali sono per te gli **svantaggi** principali di un treno notturno? \*

- Tempi di viaggio lunghi
- Condivisione spazi con altre persone
- Costi non competitivi
- Security stazioni
- Nessuna flessibilità con orari di partenza e arrivo
- Rumore/vibrazioni del treno durante il viaggio
- Numero elevato di fermate
- Altro: \_\_\_\_\_

### Servizio auto al seguito

La seguente immagine mostra un treno notturno con servizio di trasporto veicoli al seguito. Il carico e lo scarico dei mezzi avvengono ai capolinea grazie ad apposite rampe.



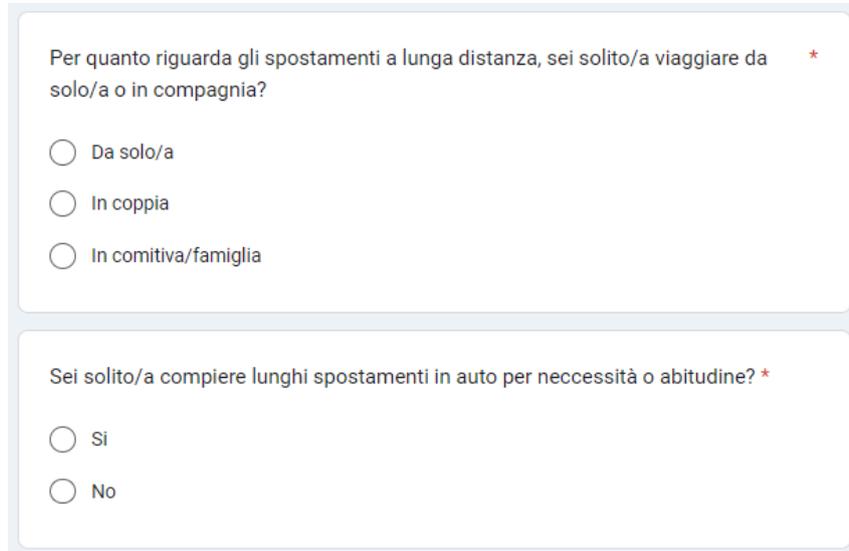
Potrebbe rivelarsi di tuo interesse la reintroduzione del servizio "auto al seguito", \* in modo tale da viaggiare in treno lungo direttrici nazionali ed internazionali senza perdere le comodità del proprio veicolo a destinazione?

- Sì, mi interessa
- No, non mi interessa

Quale fattore reputi maggiormente critico al fine di ottenere un servizio "auto al seguito" competitivo? \*

- Costi aggiuntivi per il carico del veicolo appetibili
- Perditempo in attesa del carico/scarico dei veicoli
- Dimensioni limitate per il carico dei veicoli (ad esempio, carico non consentito per van o grandi 4x4)
- Timore di danneggiamenti al veicolo durante il viaggio
- Altro: \_\_\_\_\_

Dopo aver mostrato ai rispondenti la tabella presentata in Figura 4.3, si passa alle domande direzionali. Per prima cosa viene chiesto se si è soliti viaggiare da soli o in compagnia e se si è soliti considerare il mezzo privato per i propri spostamenti a lunga distanza.



Per quanto riguarda gli spostamenti a lunga distanza, sei solito/a viaggiare da solo/a o in compagnia? \*

Da solo/a

In coppia

In comitiva/famiglia

Sei solito/a compiere lunghi spostamenti in auto per necessità o abitudine? \*

Sì

No

In base alla risposta data si arriverà a visualizzare due schermate differenti.

Nel primo caso verrà chiesto di scegliere il proprio mese di nascita e poi una fra le lettere presentate.

Domande direzionali - SI auto

In quale mese sei nato/a? \*

- Gennaio
- Febbraio
- Marzo
- Aprile
- Maggio
- Giugno
- Luglio
- Agosto
- Settembre
- Ottobre
- Novembre
- Dicembre

Domande direzionali - SI auto

Scegli una lettera

- C
- F
- H
- P

Nel caso non si consideri il mezzo privato, apparirà invece la seguente schermata, in cui si chiederà soltanto di scegliere una fra le sei lettere.

Domande direzionali - NO auto

Scegli casualmente una lettera

- C
- F
- H
- P
- U
- Z

A questo punto si prosegue con la scelta modale vera e propria. Ogni blocco è introdotto da una breve descrizione e da una tabella che spiega sinteticamente cosa distingue un livello di comfort dall'altro a bordo del treno notturno (3.9).

**Scenari: scelta modale - SI auto**

Di seguito verranno messe a confronto tre diverse soluzioni per effettuare uno spostamento a lunga distanza per motivi di svago/vacanza con **soggiorno di una settimana**.

L'intervistato potrà scegliere tra:

- Guidare fino alla meta;
- Usufruire del servizio "Treno notturno con veicolo al seguito";
- Viaggiare in aereo e noleggiare un veicolo una volta arrivato a destinazione.

Verrà di seguito ipotizzata una partenza il **venerdì** per il **treno notturno** e per l'**auto**, il **sabato mattina** per l'**aereo**.

*I valori degli attributi presenti riguardano il solo viaggio di andata.*

Per il **comfort** legato all'alternativa "**TRENO NOTTURNO CON VEICOLO AL SEGUITO**", si osservi la tabella sottostante, nella quale sono sintetizzati i servizi offerti a bordo per ogni livello:

ATTRIBUTO	★ = SCARSO COMFORT	★★★ = MEDIO COMFORT	★★★★★ = ELEVATO COMFORT
Tipo di sistemazione	Sedile	Cuccetta	Cabina letto
Capacità compartimento	6 persone	4 persone	2/4 persone
Chiusura a chiave compartimento (privacy)	No	Si	Si
Servizio ristoro	No ristoro	Carrozza bar	Carrozza ristorante
Servizi igienici	Condivisi per ogni carrozza	Condivisi per ogni carrozza	Privati per ogni compartimento
Numero di fermate	6	3	0
Servizio di trasporto biciclette a bordo	SI	SI	SI

## Scenari: scelta modale - NO auto

Di seguito verranno messe a confronto tre diverse soluzioni per effettuare uno spostamento a lunga distanza per motivi di svago/vacanza.

L'intervistato verrà posto nella condizione di scegliere tra

- Utilizzare il treno notturno;
- Viaggiare in aereo.

Verrà ipotizzata una partenza il **venerdì sera** per il **treno**, e il **venerdì sera/sabato mattina** per l'**aereo**.

Relativamente alla partenza serale in aereo, si tenga presente che il vantaggio è quello di trovarsi la mattina seguente già a destinazione, a costo però di considerare una notte in più di pernottamento.

*I valori degli attributi presenti riguardano il solo viaggio di andata.*

Per il **comfort** legato all'alternativa "**TRENO NOTTURNO**", si osservi la tabella sottostante, nella quale sono sintetizzati i servizi offerti a bordo per ogni livello:

ATTRIBUTO	★ = SCARSO COMFORT	★★★ = MEDIO COMFORT	★★★★ = ELEVATO COMFORT
Tipo di sistemazione	Sedile	Cuccetta	Cabina letto
Capacità compartimento	6 persone	4 persone	2/4 persone
Chiusura a chiave compartimento (privacy)	No	Si	Si
Servizio ristoro	No ristoro	Carrozza bar	Carrozza ristorante
Servizi igienici	Condivisi per ogni carrozza	Condivisi per ogni carrozza	Privati per ogni compartimento
Numero di fermate	6	3	0
Servizio di trasporto biciclette a bordo	Si	Si	Si

Gli scenari sono proposti come segue:

1. Scenari comprendenti la scelta *Auto privata*.

Al variare del **comfort** offerto a bordo del treno, **quale alternativa sceglieresti?** \*

* Per l'alternativa «AEREO» si consideri anche il noleggio a destinazione di un'auto per una settimana al prezzo complessivo di 400 €.		AUTO PRIVATA	TRENO NOTTURNO + VEICOLO AL SEGUITO	AEREO*
				
	<b>Tempo [ore]</b> Comprende: - Tempo effettivo di viaggio - Tempo di accesso alla stazione/aeroporto - Check-in e controllo bagagli - Tempi di carico/scarico veicolo privato - Tempo di egreso dalla stazione/aeroporto	<b>11:30</b> • 11:30 • -	<b>14:45</b> • 12:45 • 00:30 • - • 01:30 • -	<b>04:30</b> • 01:30 • 00:30 • 02:00 • - • 00:30
	Costo <b>AGGIUNTIVO</b> carico veicolo [€]	-	90 €	-
	Costi di viaggio [€] (divisi a seconda del numero di viaggiatori)	200 €	• 40 € da soli • 60 € in due • 100 € in tre • 130 € in quattro	• 70 € da soli • 140 € in due • 210 € in tre • 280 € in quattro
	Comfort	-	?	Classe Economy

	Auto	Treno notturno con veicolo al seguito	Aereo
Scarso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Medio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elevato	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Scenari non comprendenti la scelta *Auto privata*.

Quale alternativa sceglieresti? \*

		TRENO NOTTURNO	AEREO (partenza mattina presto)	AEREO (partenza sera)
				
	<b>Tempo [ore]</b> Comprendente: - Tempo effettivo di viaggio - Tempo di accesso alla stazione/aeroporto - Check-in e controllo bagagli - Tempo di egresso dalla stazione/aeroporto	<b>13:15</b> • 12:45 • 00:30 • - • -	<b>04:30</b> • 01:30 • 00:30 • 02:00 • 00:30	<b>04:30</b> • 01:30 • 00:30 • 02:00 • 00:30
	<b>Costi [€]</b> (divisi a seconda del numero di viaggiatori)	• 80 € da soli • 130 € in due • 190 € in tre • 260 € in quattro	• 70 € da soli • 140 € in due • 210 € in tre • 280 € in quattro	• 120 € da soli • 240 € in due • 360 € in tre • 480 € in quattro
	<b>Comfort</b>	★ (Scarso)	Classe Economy	Classe Economy

Treno notturno  
 Aereo (partenza mattina presto)  
 Aereo (partenza sera)

In ultimo, il questionario si chiude con una frase di ringraziamento con cui viene chiesto al rispondente di inviare la sua risposta.

**Il treno notturno e il servizio "auto al seguito": studio di ripartizione modale**

 [simone.cannarsa@gmail.com](mailto:simone.cannarsa@gmail.com) (non condiviso) [Cambia account](#) 

L'indagine è terminata. Grazie per il tuo contributo.

# Appendice E

## Analisi delle tariffe di Trenitalia

Ad oggi, gli unici servizi passeggeri notturni interamente effettuati su territorio nazionale sono gli Intercity Notte (ICN) espletati da Trenitalia. Pertanto, si fornisce di seguito un sintetico riassunto delle tariffe applicate lungo la tratta Torino-Lecce presa come caso studio. Si noti che non vengono considerate alcune delle fermate intermedie in quanto si suppone che durante le ore notturne il treno non effettui alcune delle soste garantite dai corrispettivi servizi notturni.

I prezzi presentati in Figura E.1 sono stati acquisiti da portale di *Trenitalia* e fanno riferimento all'anno 2019. Si noti che nella tabella che segue sono visualizzati i prezzi relativi ad un posto di viaggio base (2° Classe) e ad una cuccetta comfort (1° Classe) per un collegamento tipo Torino Porta Nuova-Lecce. In Figura E.2 seguono poi i prezzi applicati alle cabine letto per i collegamenti ICN tra la Sicilia e Roma.

Come si può notare, l'andamento è decrescente all'aumentare della distanza percorsa. Infatti, in 2° Classe si passa da **0,13€/km** a **0,07€/km**, mentre in 1° Classe si passa da **0,19€/km** a **0,10€/km**. Per quanto riguarda le cabine letto, si noti invece che il costo non dipende dai km percorsi ma soltanto dal numero di letti presenti per ogni cabina. In particolare, si fa presente che al crescere del numero di occupanti, decresce il costo per singolo letto così da favorire gruppi di viaggiatori quali famiglie o comitive.

Va però specificato, infine, che queste tariffe sono inferiori a quelle che potrebbero essere applicate da altre imprese nel caso in cui si operasse a regime di libero mercato, in quanto i collegamenti IC ed ICN fanno parte dei cosiddetti servizi universali, ovvero quei collegamenti di interesse nazionale sottoposti a regime di obbligo di servizio pubblico. In altre parole, dunque, Trenitalia riceve un corrispettivo dallo Stato così da garantire il trasporto su tutto il territorio, in particolare in aree a scarsa domanda di mobilità in cui sarebbe impossibile garantire servizi svolti in piena autonomia commerciale [6].

ICN	TO-LE	DISTANZA (KM)	1° Classe	2° Classe	1° Classe	2° Classe
DA:	A:		€	€	€/km	€/km
Torino P.N.	Torino P.N.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Torino P.N.	Alessandria	91,00	17,00	12,00	0,19	0,13
Torino P.N.	Bologna	367,00	48,00	35,50	0,13	0,10
Torino P.N.	Foggia	862,00	98,00	67,50	0,11	0,08
Torino P.N.	Barletta	930,00	101,00	69,50	0,11	0,07
Torino P.N.	Bari	985,00	104,50	71,00	0,11	0,07
Torino P.N.	Brindisi	1096,00	106,50	72,50	0,10	0,07
Torino P.N.	Lecce	1134,00	109,00	74,50	0,10	0,07

Figura E.1: Tariffe medie applicate da Trenitalia sui servizi ICN lungo la tratta Torino P.N. - Lecce (2019).

	I FASCIA	II FASCIA
	Messina - Roma e v.v.	Palermo - Roma e v.v. Siracusa - Roma e v.v.
Cabina singola	€ 222,0 (1pax)	€ 269,0 (1pax)
Cabina doppia	€ 294,0 (2pax)	€ 362,0 (2pax)
Cabina tripla	€ 396,0 (3pax)	€ 432,0 (3pax)
Cabina quadrupla	€ 448,0 (4pax)	€ 480,0 (4pax)
Suite Matrimoniale	€ 352,0 (2pax)	€ 398,0 (2pax)

Figura E.2: Tariffe medie applicate da Trenitalia sulle cabine letto a bordo dei collegamenti ICN tra Roma e la Sicilia (2019).

# Elenco delle variabili, dei simboli e degli acronimi

- ADC: Agente di Condotta
- ADT: Accompagnatori del Treno
- ANSFISA: Agenzia nazionale per la sicurezza delle ferrovie e delle infrastrutture stradali e autostradali
- ANFIA: Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica
- ASA: Attributi Specifici dell'Alternativa
- AV/AC: Alta Velocità/Alta Capacità
- BEV: Battery Electric Vehicle
- ERA: Agenzia dell'Unione Europea per le ferrovie
- FS: Ferrovie dello Stato
- GI: Gestore dell'Infrastruttura
- IC: Intercity
- ICN: Intercitynotte
- IF: Impresa Ferroviaria
- INAIL: Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro
- INPS: Istituto Nazionale della Previdenza Sociale
- OA: Open Access
- ÖBB: Österreichische Bundesbahnen
- OR: Odds Ratio
- OSP-LP: Obblighi di Servizio Pubblico - Lunga Percorrenza
- PFC: Piano Fattoriale Completo
- PIC: Piattaforma Integrata Circolazione

- PNRR: Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza
- RAL: Retribuzione Annua Lorda
- REC: Riscaldamento elettrico carrozze
- RIC: Regolamento Internazionale delle Carrozze
- RSI: Rail Services International
- SNCF: Société Nationale des Chemins de fer Français
- STI: Specifiche Tecniche d'Interoperabilità
- TES: Trasporti Eccedenti Sagoma
- TFR: Trattamento di Fine Rapporto
- VCO: Variazione in Corso d'Orario
- VLDNT: Very Long Distance Night Train

# Elenco delle figure

1.1	Differenti categorie di treni notturni (DB International & UIC - International Union of Railways, 2013). . . . .	6
1.2	Opzioni di sistemazione disponibili a bordo di un treno notturno Nightjet di ÖBB (Fonte: <i>www.vagonweb.cz</i> ). . . . .	8
1.3	Carrozza in composizione a treno notturno internazionale in sosta alla stazione di Verona Porta Nuova, esterni ed interni (Ing. Iacopo Di Battista, Grandi Treni Espresso S.p.A.). . . . .	9
1.4	Interni delle nuove carrozze Nightjet ÖBB (2022). . . . .	10
1.5	Interni delle nuove carrozze della compagnia VR (Fonte: <i>ferrovie.it</i> ) . . . . .	11
1.6	Servizio "auto al seguito" espletato in Austria . . . . .	12
1.7	Servizio <i>autozug</i> proveniente dalla Germania con differenti veicoli stradali caricati presso la stazione di Verona Porta Nuova (Ing. Iacopo Di Battista, Grandi Treni Espresso S.p.A. . . . .	12
1.8	Esempi di treno navetta per auto. . . . .	13
1.9	Rampe mobili adatte al carico/scarico di carri bisarca ferroviari (Zordan Pietro e Figli S.r.l.). . . . .	14
1.10	Carri tipo Hbccqs impiegato da Optima Express sulla tratta Villach - Edirne. . . . .	16
1.11	Carro Lekqs (da FS, I Nostri Carri per le Vostre Merci, ed. 1972) 17	
1.12	Carro Sekqs (da FS, I Nostri Carri per le Vostre Merci, ed. 1972) 17	
1.13	Carro DDm per trasporto auto (Firenze Campo di Marte 30 giugno 2004 - Foto Ernesto Imperato) . . . . .	18
1.14	Carro tipo MDDlm ( <i>TŽV Gredelj ltd.</i> ). . . . .	19
1.15	Carro prodotto da Škoda Transtech destinato alle ferrovie nazionali finlandesi (VR) per il trasporto auto al seguito (Fonte: <i>skodatranstech.info</i> ). . . . .	20
1.16	Treno intercity operato dalla compagnia nazionale finlandese (VR). Si notino le differenze di dimensioni tra le carrozze <i>double deck</i> e il resto del convoglio (Fonte: <i>happyrail.com</i> ). . . . .	21
1.17	Carro tipo DDm . . . . .	21
1.18	Differenti fasi di un viaggio tipo su treno notturno (DB International, & International Union of Railways (UIC), 2013) [41] . .	24
1.19	Analisi SWOT incentrata sul servizio auto + treno. Elaborazione personale. . . . .	25

2.1	Rete europea di treni notturni (Fonte: night-trains.com; Autore: Jug Cerović; 2022). . . . .	30
2.2	Linee che si sono aggiudicate i finanziamenti europei per il potenziamento delle reti ferroviarie transfrontaliere (Fonte: Commissione Europea, 2023). . . . .	31
2.3	Traffico ferroviario viaggiatori e merci sul territorio nazionale - Anni 2001, 2005, 2010, 2015, 2017-2020 ( <i>Conto Nazionale delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili - Anni 2020-2021</i> ). . .	32
2.4	Traffico ferroviario viaggiatori di media e lunga percorrenza - Anni 2001, 2005, 2010, 2015, 2017-2020( <i>Conto Nazionale delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili - Anni 2020-2021</i> ). . .	32
2.5	Attuale rete di collegamenti del servizio Intercity Notte (Trenitalia, 2023). . . . .	33
2.6	Attuale rete di collegamenti del servizio Euronight Trenitalia (Trenitalia, 2023). . . . .	34
2.7	Collegamenti "Trenhotel" pianificati da Arenaways ( <i>ferrovie.it</i> ). . .	35
3.1	Modellizzazione a quattro fasi (Università di Cagliari, Pianificazione dei Trasporti - 2015) . . . . .	41
3.2	Sintesi del processo di scelta di un consumatore. [45]. . . . .	42
3.3	Viaggi per mezzo di trasporto, Italia - Anni 2019/2021 (ISTAT) . . . . .	46
4.1	Grafico che rappresenta la frontiera tecnologica nonché i ruoli delle indagini RP e SP: le prime sono limitate alla comprensione di preferenze all'interno di mercati e tecnologie esistenti, le seconde permettono di spingersi oltre tale frontiera [45]. . . . .	63
4.2	Mappa concettuale riassuntiva del questionario. Elaborazione personale. . . . .	73
4.3	Tabella riassuntiva delle principali caratteristiche di ogni alternativa di trasporto considerata nello studio. . . . .	75
4.4	Scenario tipo per la ramificazione comprendente l'opzione "Auto privata" . . . . .	77
4.5	Scenario tipo per la ramificazione non comprendente l'opzione "Auto privata" . . . . .	78
4.6	Comunicato stampa pubblicato sul sito <i>ferrovie.it</i> a promozione dell'indagine realizzata. . . . .	81
4.7	Divisione degli intervistati in base al genere. Elaborazione personale (Excel). . . . .	82
4.8	Divisione degli intervistati in base all'età. Elaborazione personale (Excel). . . . .	83
4.9	Suddivisione dei rispondenti in base ai motivi di viaggio. Elaborazione personale (Excel). . . . .	84
4.10	Suddivisione dei rispondenti in base al possesso della patente di guida. Elaborazione personale (Excel). . . . .	84
4.11	Suddivisione dei rispondenti in base al possesso di un veicolo. Elaborazione personale (Excel). . . . .	85

4.12	Suddivisione dei rispondenti in base alla modalità di trasporto preferita. Elaborazione personale (Excel). . . . .	86
4.13	Vantaggi di un servizio ferroviario notturno secondo i rispondenti. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	87
4.14	Svantaggi di un servizio ferroviario notturno secondo i rispondenti. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	87
4.15	Maggiori criticità di un servizio auto al seguito secondo i rispondenti. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	88
4.16	Suddivisione dei rispondenti in base alla loro propensione a nuove forme di trasporto maggiormente sostenibili. Elaborazione personale (Excel). . . . .	89
4.17	Interesse dei rispondenti verso un servizio auto al seguito. Elaborazione personale (Excel). . . . .	89
5.1	Analisi di sensibilità rispetto al costo di viaggio del servizio treno notturno + auto al seguito. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	109
5.2	Analisi di sensibilità rispetto al costo del biglietto del treno notturno senza considerare il trasporto del veicolo privato. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	110
5.3	Analisi di sensibilità rispetto al tempo di viaggio del servizio Treno notturno + Auto al seguito. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	111
5.4	Analisi di sensibilità rispetto al tempo di viaggio del Treno notturno senza considerare il trasporto del veicolo privato. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	112
5.5	Analisi di sensibilità rispetto al costo di carico del veicolo privato. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	113
5.6	Andamento dei ricavi annuali in funzione della tariffa applicata. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	115
5.7	Analisi di sensibilità al variare del costo di trasporto del veicolo privato in funzione delle tariffe scelte per ogni livello di servizio. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	116
6.1	L'offerta di treni sulla rete ferroviaria italiana (Legambiente, rapporto Pendolaria 2023). . . . .	122
6.2	Stazione di Verona Porta Nuova con annesso terminal di carico e scarico veicoli. Elaborazione personale (QGIS). . . . .	124
6.3	Stazione di Torino Porta Nuova con area dell'ex terminal evidenziata. Elaborazione personale (QGIS). . . . .	125
6.4	Stazione di Alessandria con annesso terminal di carico e scarico veicoli. Elaborazione personale (QGIS). . . . .	127
6.5	Stazione di Bari Centrale con area dell'ex terminal evidenziata. Elaborazione personale (QGIS). . . . .	129
6.6	Impianto di Bari Parco Sud (Fonte: <i>Real Estate Opportunities Book - FS Sistemi Urbani</i> ) . . . . .	130

6.7	Isocrone riferite alla stazione di Torino Porta Nuova. Elaborazione personale (QGIS). . . . .	137
6.8	Isocrone riferite alla stazione di Verona Porta Nuova. Elaborazione personale (QGIS). . . . .	137
6.9	Isocrone riferite alla stazione di Bari Centrale. Elaborazione personale (QGIS). . . . .	138
6.10	Suddivisione del territorio italiano in province con evidenziate le tre aree di O/D prese in considerazione. Elaborazione personale (QGIS). . . . .	139
6.11	Andamento mensile dei flussi turistici per le Regioni considerate all'interno del caso studio (2022). Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	145
7.1	Esempi di terminal adibiti al trasporto veicoli al seguito di recente realizzazione. . . . .	151
7.2	Trenitalia E.402B ( <i>Wikipedia</i> ) . . . . .	155
7.3	Trenitalia E.403 ( <i>Wikipedia</i> ) . . . . .	155
7.4	Trenitalia E.464 ( <i>Ultrasporti</i> ) . . . . .	156
7.5	Stadler EuroLight Dual ( <i>ferrovie.info</i> ). . . . .	156
7.6	Andamento dei ricavi nel tempo. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	178
7.7	Grafico dei costi e dei ricavi del servizio (con Obbligo di Servizio Pubblico). Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	180
7.8	Grafico del profitto legato al servizio. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	181
7.9	Suddivisione percentuale dei costi (Open Access). Elaborazione personale (Excel). . . . .	182
7.10	Suddivisione percentuale dei costi (Obbligo di Servizio Pubblico). Elaborazione personale (Excel). . . . .	183
7.11	Andamento dei costi nel tempo. Elaborazione personale (MATLAB). . . . .	184
8.1	Rinspeed UC? . . . . .	187
8.2	Carico di Nissan Leaf presso la stazione di Parigi Bercy. . . . .	188
8.3	Treno notturno ad alta velocità operato da China Railway (Fonte: railjournal.com; 2017). . . . .	190
8.4	Euronight Milano-Barcellona in partenza dalla stazione di Milano Centrale (Andrés Ignacio Martínez Soto - Fotografia autoprodotta; 2010). . . . .	191
8.5	Carrozza letto bipiano di ÖBB impiegato lungo le tratte Amburgo-Zurigo e Vienna-Zurigo (Fonte: <i>The Man in Seat Sixty-One</i> ). . . . .	192
8.6	Concept di carro ferroviario "carjet" adibito al trasporto di veicoli (Fonte: Železničář, [63]) . . . . .	192
8.7	Concept di carrozza ferroviaria riadattata per il trasporto di veicoli realizzato da RSI [55]. . . . .	193
8.8	Espresso 1607 Calalzo-Roma Tiburtina nella stazione di Calalzo (Fonte: clamfer.it, foto A. Bertagnin - 2011) . . . . .	195

E.1	Tariffe medie applicate da Trenitalia sui servizi ICN lungo la tratta Torino P.N. - Lecce (2019). . . . .	234
E.2	Tariffe medie applicate da Trenitalia sulle cabine letto a bordo dei collegamenti ICN tra Roma e la Sicilia (2019). . . . .	234



# Elenco delle tabelle

1.1	Caratteristiche tecniche di una tipica vettura letto impiegata per servizi passeggeri notturni. . . . .	9
1.2	Servizi comunemente offerti a bordo di un treno notturno. . . . .	10
1.3	Caratteristiche tecniche dei carri DDm. . . . .	18
1.4	Dati tecnici relativi al carro ferroviario sviluppato da Škoda Transtech. . . . .	20
2.1	Principali compagnie europee che offrono collegamenti notturni con veicoli al seguito . . . . .	29
3.1	Attributi inizialmente considerati . . . . .	50
3.2	Attributi di scelta e rispettive sigle . . . . .	51
3.3	Tempi e costi di viaggio sulle tratte in esame (ViaMichelin, 2022) . . . . .	53
3.4	Attributi "Costo auto" e "Tempo auto" e rispettivi livelli di variazione. . . . .	53
3.5	Costi di viaggio per l'alternativa "Aereo" nei casi di partenza la mattina presto o la sera. Da tali costi sono esclusi quelli relativi al noleggio auto a destinazione. . . . .	55
3.6	Attributo "Tempo treno" e rispettivi livelli di variazione, distinguendo tra le alternative proposte. . . . .	56
3.7	Valori di riferimento per le tariffe proposte da Trenitalia e ÖBB per i loro servizi notturni e livelli di variazione scelti per l'attributo "Costo treno". . . . .	56
3.8	Livelli di comfort . . . . .	57
3.9	Servizi offerti per ogni livello di comfort. . . . .	58
3.10	Quantificazione definitiva attributi: scenari comprendenti l'opzione <i>veicolo al seguito</i> . . . . .	58
3.11	Quantificazione definitiva attributi: scenari non comprendenti l'opzione <i>veicolo al seguito</i> . . . . .	59
4.1	Attributi inizialmente considerati . . . . .	64
4.2	Scenari con veicolo privato: attributi di scelta e livelli di variazione. . . . .	68
4.3	Scenario senza veicolo privato: attributi di scelta e livelli di variazione. . . . .	69
4.4	Variabili di blocco e rispettivi livelli di variazione per il gruppo di scenari con veicolo privato . . . . .	70

4.5	Variabili di blocco e rispettivi livelli di variazione per il gruppo di scenari senza veicolo privato . . . . .	70
4.6	Coefficienti $\beta_i$ e relativi Odds Ratio ottenuti tramite regressione logistica . . . . .	93
4.7	Numero di rispondenti al questionario. Ramificazione comprendente l'alternativa "auto + treno". . . . .	94
4.8	Numero di rispondenti al questionario. Ramificazione <i>non</i> comprendente l'alternativa "auto + treno". . . . .	95
4.9	Livelli di variazione degli attributi e relativi valori codificati (scenari con auto al seguito). . . . .	96
4.10	Livelli di variazione degli attributi e relativi valori codificati (scenari senza auto al seguito). . . . .	97
4.11	Valori calcolati con il criterio della verosimiglianza per i soli scenari comprendenti l'alternativa "Auto + Treno". . . . .	97
4.12	Valori calcolati con il criterio della verosimiglianza per i soli scenari non comprendenti l'alternativa "Auto + Treno". . . . .	98
4.13	Confronto tra segni attesi e segni ottenuti per i singoli coefficienti ricavati per la ramificazione comprendente la scelta "Auto + Treno". . . . .	100
4.14	Confronto tra segni attesi e segni ottenuti per i singoli coefficienti ricavati per la ramificazione non comprendente la scelta "Auto + Treno". . . . .	100
4.15	Test di $\rho^2$ eseguito su entrambi i modelli. . . . .	101
5.1	Costi presi come riferimento di partenza per l'analisi di sensibilità relativa all'alternativa Treno notturno. . . . .	106
5.2	Valori adottati per l'analisi di sensibilità. Blocco di scenari comprendente l'alternativa "Auto + Treno". . . . .	107
5.3	Valori adottati per l'analisi di sensibilità. Blocco di scenari non comprendente l'alternativa "Auto + Treno". . . . .	107
5.4	Prezzi (comprensivi di IVA al 10%) per i diversi livelli di servizio. Valori riferiti al solo viaggio di andata. . . . .	114
6.1	Fascicoli Linea analizzati. . . . .	131
6.2	Stazioni servite, in grassetto le stazioni presso cui si considerano il carico e lo scarico dei veicoli. . . . .	132
6.3	Traccia oraria ipotizzata lungo la direttrice Verona-Bari-Lecce. . . . .	133
6.4	Traccia oraria ipotizzata lungo la direttrice Torino-Bari-Lecce. . . . .	133
6.5	Traccia oraria ipotizzata lungo la direttrice Lecce-Bari-Verona. . . . .	133
6.6	Traccia oraria ipotizzata lungo la direttrice Lecce-Bari-Torino. . . . .	134
6.7	Flussi turistici tra le macroaree considerate. Anno 2022. (Fonti: <i>Osservatorio del Turismo Regione Puglia, Ufficio di Statistica Regione Veneto, Sistema Piemonte - Osservatorio del Turismo, Istituto di Statistica della Provincia Autonoma di Trento, ISPAT</i> ). . . . .	140
6.8	Matrice O/D relativa ai soli viaggiatori potenzialmente rivolti verso l'utilizzo del mezzo privato. Anno 2022. . . . .	141

6.9	Matrice O/D relativa ai soli viaggiatori rivolti verso l'utilizzo di soli mezzi collettivi. Anno 2022. . . . .	141
6.10	Valori degli attributi scelti per il caso studio comprendente l'alternativa auto + treno. . . . .	142
6.11	Valori degli attributi scelti per il caso studio <i>non</i> comprendente l'alternativa auto + treno. . . . .	142
6.12	Percentuali di scelta modale per il caso studio comprensivo di trasporto del veicolo privato. . . . .	143
6.13	Percentuali di scelta modale per il caso studio non comprensivo di trasporto del veicolo privato. . . . .	143
6.14	Flussi annuali di passeggeri stimati lungo la direttrice Verona P.N. - Bari C.le - Lecce (e viceversa). . . . .	144
6.15	Flussi annuali di passeggeri stimati lungo la direttrice Torino P.N. - Bari C.le - Lecce (e viceversa). . . . .	144
6.16	Passeggeri medi per giorno di viaggio. . . . .	146
7.1	Posti offerti in funzione del tipo di sistemazione e del numero di vetture in composizione. . . . .	159
7.2	Costi indicativi della flotta. . . . .	163
7.3	Lunghezza treno . . . . .	166
7.4	Stipendi mensili ipotizzati del personale treni . . . . .	173
7.5	RAL ipotizzate del personale treni e relativi costi aziendali. . . . .	174
7.6	Numero complessivo di figure necessarie per il servizio e relative spese annuali. . . . .	175
7.7	Elenco delle voci di costo annuali in caso di impresa Open Access. . . . .	182
7.8	Elenco delle voci di costo annuali in caso di impresa con Obbligo di Servizio Pubblico. . . . .	183
8.1	Vantaggi del servizio <i>Auto Train</i> di SNCF (Elaborazione personale). . . . .	187
8.2	Svantaggi del servizio <i>Auto Train</i> di SNCF (Elaborazione personale). . . . .	188



# Bibliografia

- [1] ANSFISA - Relazione Annuale sulla Sicurezza delle Ferrovie Anno 2019.
- [2] Rail baltica: Preparation of the operational plan of the railway - final study report.
- [3] Ferrovie: Trenitalia tra Nightjet e nuovi treni notturni per la Sicilia. [www.ferrovie.info/index.php/it/13-treni-reali/23026-ferrovie-trenitalia-tra-nightjet-e-nuovi-treni-notturni-per-la-sicilia](http://www.ferrovie.info/index.php/it/13-treni-reali/23026-ferrovie-trenitalia-tra-nightjet-e-nuovi-treni-notturni-per-la-sicilia), 09/07/2022.
- [4] Caro vacanze, per gli italiani spostarsi costa di più. l'analisi sui rincari dei mezzi di trasporto. [www.altroconsumo.it/organizzazione/media-e-press/comunicati/2022/caro-mezzi-di-trasporto](http://www.altroconsumo.it/organizzazione/media-e-press/comunicati/2022/caro-mezzi-di-trasporto), 11 lug 2022.
- [5] Regolamento (UE) n. 1302/2014 della commissione del 18 novembre 2014 - relativo a una specifica tecnica di interoperabilità per il sottosistema «materiale rotabile — locomotive e materiale rotabile per il trasporto di passeggeri» del sistema ferroviario dell'unione europea. [eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1302from=IT](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1302from=IT), 2014.
- [6] Carta dei servizi 2021 - Il servizio universale degli Intercity, 2021.
- [7] Ferrovie: ÖBB presenta le nuove carrozze a cuccette comfort per i nightjet. [www.ferrovie.info/index.php/it/13-treni-reali/19861-ferrovie-oebb-presenta-le-nuove-carrozze-a-cuccette-comfort-per-i-nightjet](http://www.ferrovie.info/index.php/it/13-treni-reali/19861-ferrovie-oebb-presenta-le-nuove-carrozze-a-cuccette-comfort-per-i-nightjet), 2021.
- [8] I futuri trasporti dell'UE devono sfruttare il potenziale dell'intermodalità. [www.eesc.europa.eu/it/news-media/news/i-futuri-trasporti-dellue-devono-sfruttare-il-potenziale-dellintermodalita](http://www.eesc.europa.eu/it/news-media/news/i-futuri-trasporti-dellue-devono-sfruttare-il-potenziale-dellintermodalita), lug. 2021.
- [9] Conto Nazionale delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili - anni 2020-2021. [www.mit.gov.it/node/17497](http://www.mit.gov.it/node/17497), 2022.
- [10] Ferrovie: Gli italiani vogliono tornare a viaggiare. [www.ferrovie.info/index.php/it/53-comunicati-stampa/23139-ferrovie-gli-italiani-vogliono-tornare-a-viaggiare](http://www.ferrovie.info/index.php/it/53-comunicati-stampa/23139-ferrovie-gli-italiani-vogliono-tornare-a-viaggiare), 2022.

- [11] Ferrovie: l'Italia torna a muoversi: +212% per l'Alta Velocità. [www.ferrovie.info/index.php/it/53-comunicati-stampa/23166-ferrovie-l-italia-torna-a-muoversi-212-per-l-alta-velocita](http://www.ferrovie.info/index.php/it/53-comunicati-stampa/23166-ferrovie-l-italia-torna-a-muoversi-212-per-l-alta-velocita), 21/07/2022.
- [12] ISTAT - incidenti stradali. 26 lug 2022.
- [13] Prospetto Informativo Rete. Ed. dicembre 2021.
- [14] G. Acquaro. *La sicurezza ferroviaria. Principi, approcci e metodi nelle norme nazionali ed europee*. CIFI, 2019.
- [15] Paolo Beria and Alberto Bertolin. Il carpooling in italia: Analisi dell'offerta. *TRASPOL Report*, 2:2016, 2016.
- [16] Paolo Beria and Alberto Bertolin. Evolving long-distance passenger services. market concentration, fares and specialisation patterns in italy. *Research in Transportation Economics*, 74:77–92, 2019.
- [17] Paolo Beria, Andrea Debernardi, and Emanuele Ferrara. Measuring the long-distance accessibility of italian cities. *Journal of Transport Geography*, 62:66–79, 2017.
- [18] A. Bertolin, P. Beria, E. Ferrara, A. Debernardi, R. Grimaldi, A. Laurino, et al. *Atlante dei trasporti italiani. Infrastrutture, offerta, domanda*. Libreria Geografica, 2018.
- [19] Thomas Bieger and Christian Laesser. The role of the railway with regard to mode choice in medium range travel. *Tourism Review*, 2001.
- [20] Luigi Bocconi. Scenari e prospettive del sistema ferroviario italiano nel contesto di liberalizzazione europea. 2011.
- [21] Armin Buchroithner. Railcharge - automated ev charging on motorail as enabler of electric mobility. [graz.pure.elsevier.com/en/projects/railcharge-automated-ev-charging-on-motorail-as-enabler-of-electr](http://graz.pure.elsevier.com/en/projects/railcharge-automated-ev-charging-on-motorail-as-enabler-of-electr), 30/09/2022.
- [22] David Campione. E.402B, ETR.460, TAF ed altri rotabili in vendita da Trenitalia. <https://www.ferrovie.it/portale/articoli/12759>, 08/12/2022.
- [23] Massimo Procopio e Vincenzo Saccà Carlo Carmignucci (coordinatore), Angela Chindemi. 19° rapporto sulla mobilità degli italiani. [www.isfort.it/wp-content/uploads/2023/01/221215RapportoMobilita2022Def](http://www.isfort.it/wp-content/uploads/2023/01/221215RapportoMobilita2022Def) – 1.pdf, 2022.
- [24] Ennio Cascetta. *Modelli per i sistemi di trasporto: teoria e applicazioni*. UTET università, 2006.
- [25] Nathalie Chahine. Midnight Trains, une menace pour l'aérien? 2022.

- [26] Simone Cosimi. La nuova febbre del treno: gli italiani riscoprono i notturni e vogliono regole più stringenti sui voli brevi, 10 febbraio 2023.
- [27] Drnec Daniel. Úloha autovlak v dálkové železniční dopravě. 2020.
- [28] Juan de Dios Ortúzar and Luis G Willumsen. *Modelling transport*. John wiley & sons, 2011.
- [29] Frédéric de Kemmeter. Nightjet : renaissance of night trains in eu-rope. [mediarail.wordpress.com/nightjet-renaissance-of-night-trains-in-europe/](https://mediarail.wordpress.com/nightjet-renaissance-of-night-trains-in-europe/), 2021.
- [30] Ufficio del Governo della Repubblica Slovacca. Contratto di acquisto di carri per il trasporto di autoveicoli n. 1627/2013. registro centrale dei contratti. [www.crz.gov.sk/index.php?ID=1189197l=sk](http://www.crz.gov.sk/index.php?ID=1189197l=sk), 19 dicembre 2013.
- [31] Ufficio del Governo della Repubblica Slovacca. Realizzazione di una rampa per auto presso la stazione centrale di Žst bratislava ai sensi del pd. registro centrale dei contratti. [www.crz.gov.sk/index.php?ID=1509492l=sk](http://www.crz.gov.sk/index.php?ID=1509492l=sk), 2014.
- [32] Ufficio del Governo della Repubblica Slovacca. Realizzazione di una rampa per auto presso la stazione centrale di Žst bratislava ai sensi del pd. registro centrale dei contratti. [www.crz.gov.sk/index.php?ID=1583123l=sk](http://www.crz.gov.sk/index.php?ID=1583123l=sk), 2014.
- [33] Ufficio del Governo della Repubblica Slovacca. Accordo quadro n. 4600002369/ks/2015 per la riparazione di un carro serie ddm, matricola n. 51 81 98-70 016-4. registro centrale dei contratti. [www.crz.gov.sk/index.php?ID=2285777l=sk](http://www.crz.gov.sk/index.php?ID=2285777l=sk), 28 gennaio 2016.
- [34] Dario Fabbri and Stefano Bolettieri. Confronto metodologico e applicativo tra diverse formulazioni di modelli di generazione e distribuzione. 2014.
- [35] Edoardo Zanchini Enrico Fedeli. Rapporto Pendolaria 2023. feb. 2023.
- [36] Lorenzo Ferrari and Gianluca De Feo. Train alternatives to short-haul flights in Europe. October 2021.
- [37] Directorate-General for Mobility and Transport. Connecting eu-rope by train: 10 eu pilot services to boost cross-border rail. [transport.ec.europa.eu/news/connecting-europe-train-10-eu-pilot-services-boost-cross-border-rail-2023-01-31\\_en](https://transport.ec.europa.eu/news/connecting-europe-train-10-eu-pilot-services-boost-cross-border-rail-2023-01-31_en), 31/01/2023.
- [38] Ennio Forte. Trasporti e turismo, 2006.
- [39] Paolo Gandini. Fruibilità delle linee ferroviarie a scarso traffico: Metodo sintetico per la valutazione e l'incremento.

- [40] Steer Davies Gleave, Gordon Bird, Jim Collins, Niccolò Da Settimo, Dick Dunmore, Simon Ellis, Mohammad Khan, Michelle Kwok, Tom Leach, Alberto Preti, et al. Research for tran committee-passenger night trains in europe: the end of the line? 2017.
- [41] Martijn Heufke Kantelaar. Night-time train travel: A stated-preference study into the willingness to use night trains for european long-distance travel. 2019.
- [42] Wencheng Huang and Bin Shuai. An approach to solve motorail transportation loading layout optimization problem: the china case. *Transport*, 37(4):232–240, 2022.
- [43] Direzione Tecnica Rete Ferroviaria Italiana. Integrazioni alle norme per la verifica tecnica dei veicoli - norme per il trasporto di veicoli stradali a seguito del viaggiatore. [condivisio-next.rfi.it/QuadroRiferimento/Docs/utilities/istruzioni/verificatecnica5.pdf](https://www.condivisio-next.rfi.it/QuadroRiferimento/Docs/utilities/istruzioni/verificatecnica5.pdf), 2006.
- [44] Alexander Legrain, Naveen Eluru, and Ahmed M El-Geneidy. Am stressed, must travel: The relationship between mode choice and commuting stress. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 34:141–151, 2015.
- [45] Jordan J Louviere, David A Hensher, and Joffre D Swait. *Stated choice methods: analysis and applications*. Cambridge university press, 2000.
- [46] Vardhman Lunkar, Paolo Beria, and Samuel Tolentino. Out of the spotlight: Four years of italian coach market prices. *Research in Transportation Business & Management*, 43:100798, 2022.
- [47] Pascal Lutter and Brigitte Werners. Order acceptance for motorail transportation with uncertain parameters. *OR Spectrum*, 37(2):431–456, 2015.
- [48] Roberto Maja. Modellizzazione e simulazione dei sistemi di trasporto. *Economia dei trasporti, Milano*, 2011.
- [49] Roberto Maja. *Modellizzazione e simulazione dei sistemi di trasporto*. Laboratorio Mobilità e Trasporti - Dipartimento di Design, 2020.
- [50] MOTUS-E. Ottobre 2022 – Quanto possiamo permetterci di restare a guardare? <https://www.motus-e.org/analisi-di-mercato/ottobre-2022-quanto-possiamo-permetterci-di-restare-a-guardare/>, 2 Novembre 2022.
- [51] DB International International Union of Railways (UIC). Night trains 2.0 - new opportunities by HSR? 2013.
- [52] Angelica Perego. Analisi delle potenzialità del trasporto ferroviario notturno, caso studio Düsseldorf - Verona. 2022.

- [53] Francesco Procopio. Analisi della domanda per un servizio aereo intercity. 2021.
- [54] Concepción Román, Raquel Espino, and Juan Carlos Martín. Analyzing competition between the high speed train and alternative modes. the case of the madrid-zaragoza-barcelona corridor. *Journal of Choice Modelling*, 3(1):84–108, 2010.
- [55] Rail Services International (RSI). Versuchswagen "railjet-autotransporter" 07. <http://rsi.schabkar.com/shop/shop.php?detail=1264756155back=1>, 2007.
- [56] Nobuhiro Sanko. Guidelines for stated preference experiment design. *Master of Business Administration diss., Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. s*, 2001.
- [57] Turun Sanomat. V:n uusiin autovaunuihin ei pyrytä. [www.ts.fi/teemat/1074002732](http://www.ts.fi/teemat/1074002732), 2004.
- [58] Mark Smith. Motorail: Trains that carry cars...
- [59] Alessandro Stiz and Alessandra Zocco. La ferrovia delle Dolomiti: modello di ripartizione modale per i turisti e valutazioni economico-finanziarie. 2017.
- [60] S. Stoilova and L. Kunchev. Study of the efficiency of passengers' motorcar carriage by using multicriteria methods. 2018.
- [61] Stephen Stradling, Michael Carreno, Tom Rye, and Allyson Noble. Passenger perceptions and the ideal urban bus journey experience. *Transport policy*, 14(4):283–292, 2007.
- [62] Michael Tumminello. Ricerca e studio per l'avviamento all'esercizio ferroviario di una società di trasporto viaggiatori a lunga percorrenza. <http://hdl.handle.net/10589/24281>, 2011.
- [63] České dráhy. Železničář - autovlaky brázdí koleje už několik desetiletí (pag. 11-14). [zeleznicar.cd.cz/assets/zeleznicar/zeleznicar\\_212019.pdf](http://zeleznicar.cd.cz/assets/zeleznicar/zeleznicar_212019.pdf), 2019.
- [64] a.s Železničná spoločnosť Slovensko. Contract no. 4600006797/ovs/2022 on the provision of services related to the operation of the car ramp in Žst košice. [www.crz.gov.sk/zmluva/7365886/](http://www.crz.gov.sk/zmluva/7365886/), 10/01/2023.
- [65] a.s Železničná spoločnosť Slovensko. Contract no. 4600006836/ovs/2022 on the provision of services related to the operation of the car ramp in Žst bratislava hl.st. [www.crz.gov.sk/zmluva/7365836/](http://www.crz.gov.sk/zmluva/7365836/), 11/01/2023.
- [66] a.s Železničná spoločnosť Slovensko. Contract no. 4600006797/ovs/2022 on the provision of services related to the operation of the car ramp in Žst košice. [www.crz.gov.sk/zmluva/7447197/](http://www.crz.gov.sk/zmluva/7447197/), 30/01/2023.



# Sitografia

Principali siti web usati come fonti:

- [www.allrail.eu](http://www.allrail.eu)
- [www.ansfisa.gov.it](http://www.ansfisa.gov.it)
- [www.ecopassenger.org](http://www.ecopassenger.org)
- [www.eroupeansleeper.eu](http://www.eroupeansleeper.eu)
- [www.europcar.it](http://www.europcar.it)
- [www.ferrovie.info](http://www.ferrovie.info)
- [www.ferrovie.it](http://www.ferrovie.it)
- [www.fondazionefs.it](http://www.fondazionefs.it)
- [www.ilsole24ore.com](http://www.ilsole24ore.com)
- [www.istat.it](http://www.istat.it)
- [www.marklinfan.com](http://www.marklinfan.com)
- [www.midnight-trains.com](http://www.midnight-trains.com)
- [www.night-trains.com](http://www.night-trains.com)
- [www.nightjet.com](http://www.nightjet.com)
- [www.optimatours.de](http://www.optimatours.de)
- [www.obb-italia.com](http://www.obb-italia.com)
- [www.quixa.it](http://www.quixa.it)
- [www.railbaltica.org](http://www.railbaltica.org)
- [www.railjournal.com](http://www.railjournal.com)
- [www.railwaygazette.com](http://www.railwaygazette.com)
- [www.repubblica.it](http://www.repubblica.it)

- [www.rfi.it](http://www.rfi.it)
- [www.scalaenne.wordpress.com](http://www.scalaenne.wordpress.com)
- [www.scholar.google.it](http://www.scholar.google.it)
- [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [www.seat61.com](http://www.seat61.com)
- [www.trainsforeurope.eu](http://www.trainsforeurope.eu)
- [www.traspol.polimi.it](http://www.traspol.polimi.it)
- [www.trenitalia.com](http://www.trenitalia.com)
- [www.vagonweb.cz](http://www.vagonweb.cz)
- [www.viamichelin.it](http://www.viamichelin.it)

# Indice

<b>Sommario</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract</b>	<b>v</b>
<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>1 Inquadramento del tema</b>	<b>5</b>
1.1 Definizione di treno notturno . . . . .	6
1.2 Il servizio "veicoli al seguito" . . . . .	11
1.3 Infrastruttura . . . . .	13
1.3.1 Stazioni . . . . .	13
1.4 Carri ferroviari . . . . .	15
1.4.1 Carri Hbccqs, Lekqs e Sekqs . . . . .	16
1.4.2 Carri DDm, MDDlm e Hccmqqr . . . . .	17
1.5 Istruzioni per il movimento dei mezzi stradali . . . . .	21
1.6 Riepilogo . . . . .	24
<b>2 Stato dell'arte</b>	<b>27</b>
2.1 Revisione della letteratura . . . . .	27
2.2 Il fenomeno in Europa . . . . .	28
2.3 Il fenomeno in Italia . . . . .	31
2.4 Riepilogo . . . . .	36
<b>3 Analisi della domanda</b>	<b>39</b>
3.1 A chi è rivolto il servizio? . . . . .	39
3.2 Modello di scelta modale . . . . .	40
3.2.1 Modello Logit multinomiale . . . . .	42
3.3 Modellazione . . . . .	44
3.3.1 Definizione delle alternative di trasporto . . . . .	45
3.3.2 Definizione degli attributi . . . . .	47
3.3.3 Quantificazione degli attributi . . . . .	51
3.4 Riepilogo . . . . .	59
<b>4 Calibrazione</b>	<b>61</b>
4.1 Metodologia - Funzione di verosimiglianza . . . . .	61
4.2 Costruzione dell'indagine SP . . . . .	62
4.2.1 Piano Fattoriale Completo . . . . .	64

4.2.2	Scomposizione a blocchi . . . . .	70
4.3	Esecuzione dell'indagine SP . . . . .	71
4.3.1	Costruzione del questionario . . . . .	71
4.3.2	Risultati dell'indagine . . . . .	79
4.3.3	Analisi delle caratteristiche del campione . . . . .	82
4.3.4	Profilo dell'utente tipo . . . . .	89
4.4	Analisi di scelta modale . . . . .	93
4.4.1	Calibrazione dei parametri . . . . .	95
4.4.2	Verifiche . . . . .	98
4.5	Riepilogo . . . . .	102
<b>5</b>	<b>Analisi di sensibilità</b>	<b>105</b>
5.1	Costruzione scenario di analisi . . . . .	105
5.2	Analisi di sensibilità per le alternative di spostamento . . . . .	107
5.2.1	Costo di viaggio . . . . .	108
5.2.2	Tempo di viaggio . . . . .	111
5.2.3	Costo di carico del veicolo . . . . .	113
5.3	Definizione tariffe di viaggio . . . . .	114
5.3.1	Riepilogo . . . . .	116
<b>6</b>	<b>Pianificazione tattica del servizio</b>	<b>119</b>
6.1	Servizi da garantire a bordo . . . . .	119
6.2	Scelta della relazione . . . . .	121
6.3	Infrastrutture . . . . .	123
6.3.1	Verona . . . . .	123
6.3.2	Torino . . . . .	124
6.3.3	Alessandria . . . . .	126
6.3.4	Bari . . . . .	128
6.4	Tempi di percorrenza e traccia oraria . . . . .	130
6.5	Identificazione della domanda . . . . .	135
6.6	Riepilogo . . . . .	147
<b>7</b>	<b>Analisi finanziaria</b>	<b>149</b>
7.1	Costi di costruzione dell'infrastruttura . . . . .	150
7.2	Costi di gestione del servizio . . . . .	152
7.2.1	Materiale rotabile . . . . .	152
7.2.2	Costi operativi . . . . .	164
7.2.3	Costi del personale . . . . .	172
7.3	Previsione dei ricavi . . . . .	176
7.4	Flusso di cassa . . . . .	179
7.5	Riepilogo . . . . .	181
<b>8</b>	<b>Auto al seguito: opportunità e innovazioni</b>	<b>185</b>
8.1	Mobilità elettrica . . . . .	186
8.2	Evoluzione dei convogli . . . . .	189
8.2.1	Carri ferroviari . . . . .	192
8.3	Proposte di ripristino su tratte nazionali . . . . .	193

<b>9 Conclusioni</b>	<b>197</b>
9.1 Possibili sviluppi di ricerca . . . . .	199
9.2 Considerazioni finali . . . . .	200
<b>A Limiti altezze carico carri DDm</b>	<b>203</b>
<b>B La liberalizzazione del trasporto ferroviario europeo</b>	<b>205</b>
<b>C PFC e scomposizione a blocchi</b>	<b>209</b>
<b>D Indagine SP</b>	<b>217</b>
<b>E Analisi delle tariffe di Trenitalia</b>	<b>233</b>
<b>Elenco delle variabili, dei simboli e degli acronimi</b>	<b>235</b>
<b>Elenco delle figure</b>	<b>241</b>
<b>Elenco delle tabelle</b>	<b>245</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>251</b>
<b>Sitografia</b>	<b>253</b>
<b>Indice</b>	<b>257</b>