



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI ECONOMIA “GIORGIO FUÀ”

Corso di Laurea Triennale in Economia e Commercio

**Il risparmio dei costi esterni del trasporto ferroviario
rispetto all'autotrasporto**

The saving of the external costs of rail transport compared to road transport

Relatore:
Prof. Seri Paolo

Rapporto Finale di:
Piemontese Davide

Anno Accademico 2021/2022

Indice

1	Introduzione.....	4
2	La teoria economica dei costi legati al trasporto	6
2.1	Domanda e offerta di servizi di trasporto.....	6
2.2	Costi della mobilità	6
2.3	Concetto di esternalità.....	7
3	I costi esterni del trasporto	8
3.1	Classificazione	8
3.2	Definizione	9
3.2.1	Emissioni di gas serra	9
3.2.2	Inquinamento atmosferico	9
3.2.3	Inquinamento acustico	10
3.2.4	Incidentalità	10
3.2.5	Congestione	11
4	Metodi di valutazione dei costi esterni.....	12
4.1	Valutazione dei costi esterni delle emissioni di gas serra.....	12
4.2	Valutazione dei costi esterni dell'inquinamento atmosferico	14
4.3	Valutazione dei costi esterni dell'inquinamento acustico.....	15
4.4	Valutazione dei costi esterni dell'incidentalità	17
4.5	Valutazione dei costi esterni legati alla congestione.....	19
5	Panoramica dei costi in Italia e in Europa	24
5.1	Il contesto Europeo	24

5.1.1	Costi esterni totali	24
5.1.2	Costi esterni medi	27
5.2	La situazione in Italia	29
5.2.1	Costi esterni totali	29
5.2.2	Costi esterni medi	30
6	Il PNRR per incentivare il trasporto ferroviario e risolvere i divari territoriali	32
7	Conclusioni	37
	Riferimenti bibliografici	39

1 Introduzione

Questa tesi vuole analizzare le esternalità positive e negative legate al trasporto ferroviario e stradale. In particolare, si pone l'attenzione sul risparmio dei costi sociali dell'utilizzo del ferro rispetto alla gomma.

L'obiettivo di questo studio è quello di sensibilizzare il lettore riguardo la necessità di incentivare l'impiego delle rotaie in ottica di analisi economica di lungo termine, evidenziandone i benefici da un punto di vista ambientale e sociale.

Uno studio pubblicato nel giugno 2010 dal Freight Leader Council, intitolato "Le condizioni per il rilancio del trasporto merci su ferro. Liberalizzazione e Innovazione", ha evidenziato come, negli ultimi decenni, si sia riscontrata una consistente riduzione dell'offerta dei sistemi di trasporto ferroviario delle merci. Il documento sostiene con forte determinazione l'esigenza di rinnovare il sistema delle ferrovie in Europa marcando, tra i vantaggi, la tematica dei costi esterni, che vengono specificati nella seguente tabella.

Modalità di trasporto	Costi esterni specifici
Strada	0,035 €/ton-km
Ferrovia	0,015 €/ton-km

Fonte: UE – Marco Polo II Programme – Call 2010 – Appendix 3

In questo elaborato è stata condotta un'indagine sulle metodologie di stima e valutazione dei principali costi esterni, adottate dallo studio "Handbook on estimation of external costs in the transport sector. IMPACT" prodotto dal CE

Delft nel 2008 e dalla sua versione più recente “Handbook on the external costs of transport” (2019).¹

Vengono inoltre descritti i risultati più recenti ottenuti dai manuali sopracitati, in riferimento al contesto italiano ed Europeo. Infine, è presente un accenno agli interventi previsti dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza finalizzati al potenziamento del trasporto ferroviario.

¹ IMPACT: Internalisation Measures and Policies for All external Costs of Transport

2 La teoria economica dei costi legati al trasporto

2.1 Domanda e offerta di servizi di trasporto

In generale si può definire il sistema dei trasporti come l'insieme degli elementi che determinano la domanda di mobilità e l'offerta di servizi di trasporto. La prima si riferisce al bisogno di circolazione di persone o cose. La seconda comprende infrastrutture, servizi, mezzi e tecnologie che rendono possibile l'effettivo spostamento all'interno di un determinato territorio.

2.2 Costi della mobilità

I costi legati alla mobilità, che sia urbana o extraurbana, di persone o di merci, su strada o su rotaie, possono essere suddivisi in due tipologie principali: costi tradizionali e costi esterni.

I costi tradizionali si riferiscono ai costi di produzione dei sistemi di trasporto e sono sostenuti, a seconda dei casi, da Enti Pubblici, da amministrazioni locali o da aziende private. Riguardano la costruzione delle infrastrutture di trasporto (strade, ferrovie, ecc.), l'acquisto dei mezzi, la manutenzione e la gestione degli impianti e dei veicoli. Inoltre, nell'ambito del trasporto di persone, tra questi rientrano i costi di utilizzo, ossia i costi sostenuti dagli utenti che utilizzano il sistema di trasporto e che riguardano l'acquisto dei veicoli privati e relative spese di manutenzione, pedaggi autostradali, titoli di viaggio per il trasporto collettivo, ecc.

I costi esterni, pur essendo prodotti nell'ambito dell'uso e dell'esercizio dei sistemi di trasporto, sono sostenuti dall'intera collettività, compresi i soggetti che non usufruiscono del servizio. Essi rappresentano le esternalità prodotte dalla rete di trasporto.

2.3 Concetto di esternalità

Il concetto di esternalità occupa un ruolo centrale nella teoria microeconomica neoclassica e nella teoria dell'economia del benessere, e si riferisce a quelle situazioni in cui un agente danneggia o avvantaggia altri agenti non considerando nella sua funzione di utilità o di profitto i danni o i benefici generati agli altri. Dunque, si parla di esternalità ogni qualvolta l'azione di un produttore o di un consumatore ha effetti sulla funzione-obiettivo di un altro senza che questo implichi né un accordo *ex-ante* né un pagamento *ex-post*.

Se gli effetti sono positivi, cioè aumentano il benessere di altri agenti, si parla di esternalità positive, se invece riducono il benessere di altri individui, si parla di esternalità negative.

Queste introducono un divario tra il costo privato (C_P) sostenuto dal produttore ed il costo sociale (C_S) sostenuto dalla collettività, definito "costo esterno" (C_E).

$$C_S = C_P + C_E$$

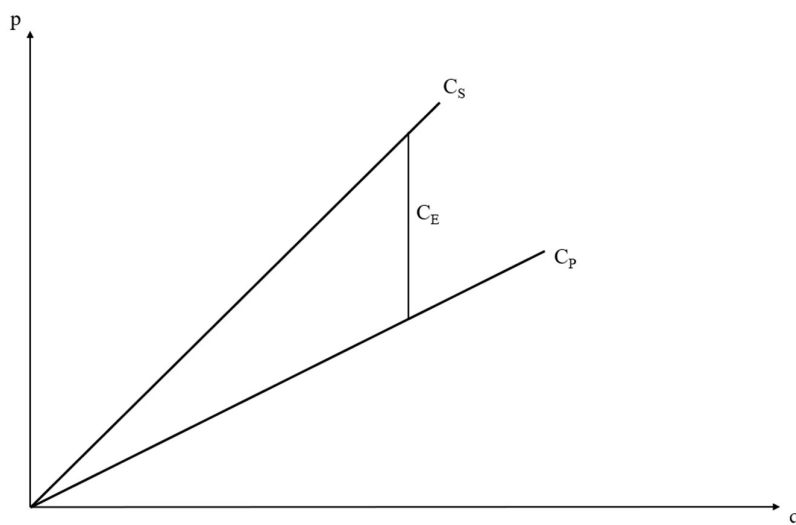


Fig. 2.1 – Divario tra costi sociali e costi privati a cause dell'esistenza di costi esterni.

3 I costi esterni del trasporto

3.1 Classificazione

I costi esterni prodotti dai sistemi di trasporto possono essere suddivisi in “principali” e “secondari”. I primi sono quei costi che risultano essere quantitativamente rilevanti e che sono stati studiati più o meno ampiamente in letteratura. Essi sono:

- emissioni di gas serra
- inquinamento atmosferico
- inquinamento acustico
- incidentalità
- congestione

I costi esterni secondari, invece, sono quelli che hanno effetti poco rilevanti e/o non facilmente quantificabili; i più importanti sono:

l'inquinamento delle acque e dei suoli, i danni prodotti dalle vibrazioni, i danni alla natura e al paesaggio, l'intrusione visiva, l'effetto barriera, l'occupazione del suolo, l'inquinamento elettromagnetico.

Essi non sono stati oggetto di ricerche e studi sistematici da parte del manuale IMPACT prodotto dal CE Delft e non verranno analizzati in questo lavoro.

3.2 Definizione

3.2.1 Emissioni di gas serra

Il settore dei trasporti contribuisce in modo rilevante al cosiddetto “effetto serra”, fenomeno per il quale l’energia termica del Sole sulla Terra non viene completamente dispersa nello spazio, consentendo al pianeta di mantenere una temperatura media costante. I principali gas prodotti dal settore della mobilità sono l’anidride carbonica (CO₂), il protossido di azoto (N₂O) e il metano (CH₄). Nel 2019, in Italia, i trasporti sono responsabili del 25,2% delle emissioni totali di gas serra (fonte: Annuario ISPRA, 2019).² Negli ultimi anni le crescenti emissioni di gas hanno contribuito al cambiamento climatico e al riscaldamento globale.

3.2.2 Inquinamento atmosferico

L’inquinamento atmosferico rappresenta uno dei più severi costi esterni legati al trasporto ed è determinato dalle emissioni dei seguenti composti inquinanti: biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), polveri sottili (PM₁₀, PM_{2,5}), composti organici volatili (VOC). Questi provocano gravi danni alla salute umana, causano minori rese nel settore agricolo e minacciano fortemente la biodiversità. Inoltre, sono responsabili di deterioramento e corrosione di edifici e materiali. Secondo i dati Eurostat, in Italia, nel 2019, il settore del trasporto ha generato il 52,8% delle emissioni totali di inquinanti. In Europa la percentuale sale al 65,4%.³

² ISPRA. (2019). Emissioni di gas serra: trend e disaggregazione settoriale. [Data file]. [Annuario dei Dati Ambientali | Annuario dei Dati Ambientali \(isprambiente.it\)](#)

³ European Environment Agency (EEA). (4 ottobre 2021). Air pollutants by source sector aggregated for indicator sets (source EEA, aggregation by Eurostat). [Data file]. [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#)

3.2.3 Inquinamento acustico

Il rumore rappresenta un costo esterno per i suoi effetti sulla salute umana, in termini di danneggiamento uditivo, e per i disturbi e i fastidi che arreca ai sistemi sociali. Chiaramente entrambi gli aspetti hanno implicazioni economiche rilevanti. In Europa, nel 2020, più del 17% della popolazione ha sofferto di disturbi dovuti all'inquinamento acustico.⁴

3.2.4 Incidentalità

L'esternalità prodotta dagli incidenti tiene conto di diverse voci di costo: i danni alla salute umana; la perdita di produzione, utilità e consumi; costi sanitari, amministrativi e giudiziari. Tra questi non si considerano i danni materiali che, essendo essi rimborsati dalle compagnie assicurative, non sono esterni al sistema. Nel 2020, in Europa, sono avvenuti 1331 incidenti ferroviari (89 in Italia). Nello stesso anno le morti per incidenti stradali sono state 22756 in Europa e 3173 sul territorio nazionale.^{5 6}

⁴ Eurostat. (16 maggio 2022). Noise from neighbors or from the streets – EU-SILC survey. [Data file]. [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#)

⁵ European Commission - Directorate-General for Mobility and Transport (DG MOVE). (10 maggio 2022). Road traffic deaths, by type of road (source: DG MOVE). [Data file]. [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#)

⁶ European Union Agency for Railways. (12 gennaio 2022). Rail accidents by type of accident (source: ERA). [Data file]. [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#)

3.2.5 Congestione

La congestione può essere definita come la situazione in cui la densità del traffico condiziona la marcia dei veicoli. Gli effetti che questa produce sono: aumento dei tempi di percorrenza, attesa e accesso; riduzione di sicurezza dell'infrastruttura; danni ambientali (maggiori emissioni inquinanti dovute alle condizioni di marcia *stop and go*); aumento del livello di stress psico-fisico degli utenti e, infine, la *scarcity of slots*, ossia il costo opportunità per la mancata disponibilità di orari di partenza e arrivo desiderati. I costi esterni della congestione si traducono in una perdita di utilità aggregata degli utenti che utilizzano la stessa capacità di rete del sistema di trasporto.

4 Metodi di valutazione dei costi esterni

4.1 Valutazione dei costi esterni delle emissioni di gas serra

Il costo monetario delle emissioni di gas serra può essere valutato adottando due approcci differenti alla stima del fattore di costo esterno: il *damage cost approach* e l'*avoidance cost approach (mitigation cost)*. Lo studio “Handbook on estimation of the external costs of the transport sector” raccomanda l’utilizzo del primo criterio per stimare le esternalità nel lungo periodo; mentre si affida al secondo per il calcolo dei costi esterni di breve e medio termine. Il metodo generale può essere riassunto nella seguente formula:

$$\text{External cost} = [\text{transport performance} \times \text{emission factors}] \times \text{cost factor}$$

La valutazione prevede, in primo luogo, una quantificazione del volume di traffico, che può essere misurato in vkm (*vehicle-kilometer*), tkm (*tonne-kilometer*) oppure pkm (*passenger-kilometer*). Il dato viene poi moltiplicato per i fattori di emissione, espressi in g/km, di ogni gas serra inquinante (CO₂, N₂O, CH₄). Questi fattori di emissione, essendo diversi per ogni gas, devono essere confrontati tra loro per ottenere un valore unitario. Questa operazione è permessa sfruttando gli indicatori *Global Warming Potential (GWP)*.⁷

Infine, il risultante dell’operazione, che riflette le emissioni totali causate dal flusso di traffico, viene moltiplicato per un fattore di costo esterno, espresso in €/tonnellata.

⁷ Il *Global Warming Potential* (Potenziale di riscaldamento globale) è una misura che esprime il rapporto tra l’impatto causato da un gas serra in un determinato lasso di tempo (20, 100, 500 anni) rispetto all’impatto causato dalla stessa quantità di CO₂ nello stesso periodo. Il GWP del CO₂ è standardizzato e pari a 1. Ad esempio, secondo l'*assessment report* pubblicato dall'*IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)* nel 2013, i GWP100 del metano (CH₄) e del protossido di azoto (N₂O) sono, rispettivamente, 34 e 298. Dunque, una quantità di metano rilasciata nell’aria è 28 volte più inquinante della stessa quantità di CO₂ rilasciata.

Il primo approccio al metodo (*damage cost approach*) prevede che il fattore di costo esterno sia stimato valutando i danni associati al cambiamento climatico, sulla base dell'effettivo impatto fisico che questi hanno sugli ecosistemi.

L'*avoidance cost approach*, invece, si affida ad un obiettivo quantitativo di riduzione delle emissioni, di norma fissato da standard politici (*policy target*) e quantifica il costo delle misure di mitigazione che la comunità è disposta a pagare per ottenere tale obiettivo. In questo caso, il fattore di costo esterno corrisponde al valore medio tra: (i) il valore di mercato delle quote di emissione di CO₂ e CO₂ equivalente; (ii) la sanzione economica per le emissioni di CO₂ in eccesso rispetto alle quote assegnate previste dalle direttive nazionali o internazionali.

4.2 Valutazione dei costi esterni dell'inquinamento atmosferico

In tema di inquinamento atmosferico, il metodo adottato dal CE Delft è impostato su una formula di valutazione analoga a quella adoperata per le emissioni di gas serra, sopra descritta e di seguito riportata:

$$\text{External cost} = \text{transport performance} \times \text{emission factors} \times \text{cost factor}$$

Come per la valutazione dei GHG, anche la metodologia proposta per l'inquinamento atmosferico presenta due approcci distinti: *top-down approach* e *bottom-up approach*. Le differenze tra i due si riscontrano nella definizione del terzo input della formula: il fattore di costo.

Il criterio “dall’alto verso il basso” imposta l’analisi partendo dalle stime totali riferite all’intero settore o insieme di attività, e proseguendo poi alla scomposizione in tutte le particolari sotto-attività di produzione. Di norma quest’ottica conduce ad una stima dei costi medi.

Il criterio “dal basso verso l’alto”, al contrario, affronta la valutazione di un caso particolare e stima le esternalità dell’intero settore, o di un insieme di attività più ampio, aggregando il caso singolo a livelli superiori. Questa regola consente la stima dei costi marginali e viene anche definita *IPA* o *Impact Pathway Approach* (approccio dei sentieri d’impatto).

4.3 Valutazione dei costi esterni dell'inquinamento acustico

Come riportato nel paragrafo 3.2.3, le componenti di costo che determinano l'inquinamento acustico sono il danno alla salute e il disturbo provocato.

Anche in questo caso possono essere distinte due metodologie di valutazione.

Il *top-down approach* stima il costo esterno come prodotto tra:

- emissioni di rumore, specifiche per ciascuna modalità di trasporto;
- numero di persone esposte;
- valore del danno pro capite.

Quest'ultimo è definito da: (i) il valore medio di disponibilità a pagare degli individui per una riduzione di rumore; (ii) il valore medio delle spese mediche generalmente sostenute. Il criterio può essere così riassunto:

$$\text{External cost} = \text{noise emission} \times \text{number of people affected} \times \text{noise unit cost}$$

Il *bottom-up approach* si basa, invece, sul costo marginale e prevede l'analisi di due situazioni: uno scenario S_0 , con una data condizione di traffico e un dato livello di rumore; ed uno scenario marginale S_1 , che prevede la presenza di un veicolo aggiuntivo. In realtà, la natura logaritmica del rumore si riflette in maniera particolare nella relazione che esiste tra inquinamento acustico e traffico: ad ogni raddoppio dell'intensità sonora corrisponde un aumento di 3 dB.⁸

Ciò comporta che il costo marginale del rumore, inteso come il costo aggiuntivo causato dall'aggiunta di un'unità di traffico, sia estremamente sensibile al flusso già esistente.

⁸ Questo significa che, ad esempio, una variazione del volume di traffico da 1 a 2 veicoli comporta un aumento di rumore pari a quello causato da una variazione del volume di traffico da 1000 a 2000 veicoli. L'incremento è sempre pari a 3 dB.

L'approccio è articolato in sei fasi:

1. Si stimano le emissioni, in dB, prodotte da ciascuna unità di traffico, in entrambi gli scenari.
2. Si valuta l'impatto che ogni valore di dB ha sulla salute umana e sul disturbo ai sistemi sociali.
3. Si stima il numero di persone esposte al rumore.
4. Sulla base dei punti precedenti, si determina la relazione che intercorre tra livello del rumore e gli effetti da esso provocati.
5. Infine, si calcola il valore monetario associato ai danni alla salute e al benessere provocati.

4.4 Valutazione dei costi esterni dell'incidentalità

In riferimento alla stima dei costi correlati all'incidentalità, va ricordato che parte di questi vengono internalizzati dalle compagnie assicurative. Pertanto, i costi esterni possono essere definiti come la differenza tra i costi totali e i premi assicurativi. Come per le altre esternalità analizzate in precedenza, il manuale IMPACT raccomanda l'utilizzo dei due classici criteri di valutazione.

Il *top-down approach*, che stima i costi medi e totali, calcola così il costo esterno:

$$\text{External cost} = \text{accident statistics} \times \text{unit cost per accident} \times \text{external part}$$

Infatti, il prodotto tra il numero di incidenti (*accident statistics*) ed il costo unitario del singolo incidente corrisponde al costo totale di incidentalità, che viene a sua volta moltiplicato per una componente "esterna". Mentre le statistiche vengono fornite dai database istituzionali (CARE database per il trasporto su strada; ERA database per il trasporto su rotaia), il costo unitario viene determinato prendendo in considerazione sei diversi *cost drivers*:⁹

1. Costo della vita umana o VSL (*Value of Statistical Life*)
2. Costo di produzione persa.
3. Spese mediche.
4. Costi amministrativi.
5. Danni materiali.
6. Altri.

La componente esterna (*external part*) è un valore, espresso in termini percentuali, che riflette la quota di costo non coperta dalle assicurazioni e, quindi, non interna. Si ottiene sottraendo al costo totale di incidentalità i trasferimenti di

⁹ CARE: EU's Community Road Accident Database. ERA: European Union Agency for Railways.

denaro nei sistemi di assicurazione di responsabilità civile e i pagamenti per il risarcimento dei danni. Studi approfonditi condotti da UNITE affermano che la componente può essere compresa, a seconda dei casi, tra il 24% e il 41%.¹⁰ Parallelamente, il *bottom-up approach* calcola il costo esterno marginale e adotta la seguente formula:

$$Ext. cost = accident rate \times risk elasticity \times unit cost per accident \times external part$$

Il tasso di incidentalità (*accident rate*) è dato dal rapporto tra il numero di incidenti e il volume di traffico. L'elasticità del rischio (*risk elasticity*) esprime l'aumento o la diminuzione del rischio di un incidente all'aumentare del volume di traffico.

Tuttavia, lo studio sottolinea che i costi esterni marginali vengono calcolati esclusivamente per il trasporto su strada. Nei sistemi ferroviari, infatti, si assume che essi siano pari ai costi medi, trattandosi di servizi di linea e programmati.

¹⁰ UNITE: Unification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency

4.5 Valutazione dei costi esterni legati alla congestione

Gli studi prodotti dal CE Delft sostengono che i metodi di valutazione dei costi di congestione ferroviari si concentrano sulle tipologie di servizio, sui tempi di viaggio e sui percorsi. I costi esterni potrebbero essere calcolati raccogliendo le informazioni sugli effettivi ritardi reazionari dei treni, e moltiplicando i valori per il numero di passeggeri colpiti e per un adeguato *VOT*.¹¹ Tuttavia, dato il livello estremamente basso di esternalità legate alla congestione, l'argomento non è stato approfondito. Questo può essere facilmente spiegato dal fatto che la congestione del trasporto ferroviario è spesso eliminata, e internalizzata, dall'utilizzo di orari e tabelle di marcia, oltre che dalla presenza di indennizzi versati agli utenti per i ritardi subiti.

Per valutare il costo esterno della congestione prodotto su strada, gli stessi studi citano due diverse metodologie di stima:

Il *delay cost approach* definisce il costo della congestione stradale come il valore del tempo di viaggio (*VOT*) perso rispetto ad una condizione ideale di traffico (*free-flow situation*). Questo criterio viene comunemente utilizzato perché, oltre ad essere più immediato, richiede una mole di dati di gran lunga inferiore rispetto al secondo. Tuttavia, non permette di distinguere gli effettivi costi esterni dagli effetti che, essendo sostenuti internamente, sono considerati costi privati.

Il *deadweight loss approach (DWL)*, più complicato ma anche più preciso, individua il costo esterno della congestione nell'eccesso di domanda rispetto ad una situazione economica ottimale. Il pilastro su cui si fonda è il calcolo dei costi marginali sociali. Al fine di comprendere al meglio l'entità e il ruolo dei costi

¹¹ Il *value of time (VOT)* esprime il valore del tempo di viaggio e si riferisce al costo del tempo speso per il trasporto. Di norma, corrisponde al valore di risparmio nei tempi di spostamento, ossia ai benefici derivanti da una riduzione di essi.

Cambia in maniera significativa a seconda dei soggetti perché dipende dal reddito e dalle finalità del viaggio. Ad esempio, il valore del tempo lavorativo corrisponde al costo opportunità del tempo di viaggio, pari generalmente alla retribuzione del lavoratore. Il valore del tempo non lavorativo viene invece stimato con tecniche di preferenze espresse o preferenze rivelate dei viaggiatori.

marginali, occorre analizzare la curva che esprime la relazione esistente tra velocità e flusso di veicoli:

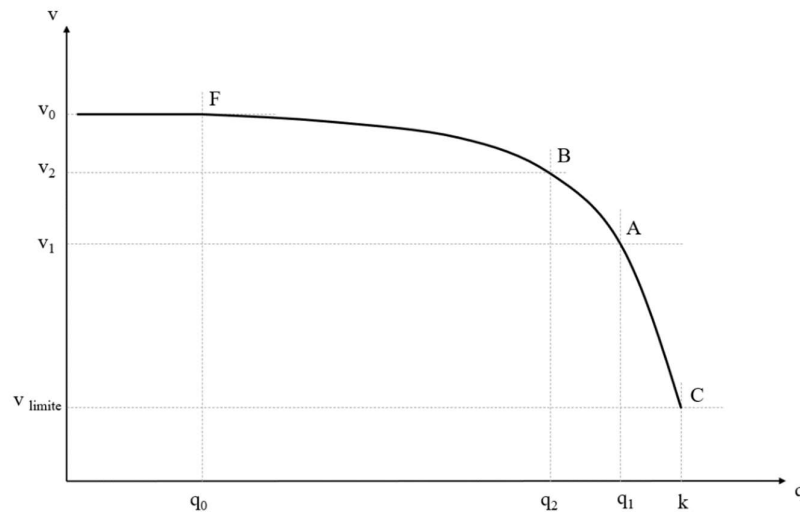


Fig. 4.1 – Relazione tra velocità e flusso di veicoli.

Sull'asse delle ascisse viene indicata la quantità q di veicoli transitanti in un tratto di strada in un determinato lasso di tempo. Questa viene misurata in v/h (veicoli all'ora). Sull'asse delle ordinate si posizionano i valori di velocità v , espressa in km/h (chilometri orari).

Entro una certa quantità q_0 i veicoli viaggiano a velocità v_0 , denominata velocità *free-flow* ("libera"). Questa situazione, valida fino al punto $F(q_0, v_0)$, non causa alcun ritardo e, perciò, nessuna congestione.

All'aumentare del numero di veicoli che si immettono nel tratto stradale, la velocità di ciascun utente diminuisce. Graficamente la situazione è rappresentata dai punti: $B(q_2, v_2)$ e $A(q_1, v_1)$.

Quando la capacità massima del tratto di strada viene raggiunta, la velocità raggiunge il valore limite, individuato in figura dal punto $C(k, v_{limite})$.

Questa situazione rappresenta la condizione di traffico massima, anche definita *local-blockage*.

I costi legati alla congestione possono essere facilmente individuati considerando la situazione sopra descritta da un punto di vista strettamente economico.

Il grafico seguente raffigura un'ipotetica funzione inversa di domanda di utilizzo del tratto di strada in analisi.

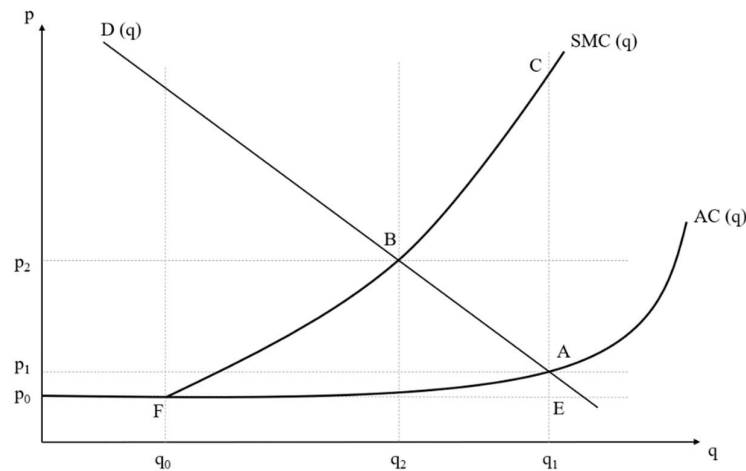


Fig. 4.2 – Curve di costo medio e marginale e funzione di domanda.

In figura viene rappresentata la curva di costo medio, $AC(q)$, sostenuto dagli utenti della strada. Questo è dato moltiplicando il *value time* per il tempo medio impiegato nel percorso.

Al di sotto di un certo numero di veicoli presenti sulla strada, graficamente fino a $F(q_0, p_0)$, il costo di viaggio è pari a p_0 ; questo corrisponde, banalmente, al costo sostenuto a velocità *free-flow*.

Come sopraindicato, all'aumentare della quantità, la velocità di ciascun veicolo si riduce. Pertanto, il tempo di viaggio impiegato aumenta e la curva $AC(q)$ cresce.

Dal punto di vista grafico la situazione è rappresentata dal punto $A(q_1, p_1)$.

Proprio in questo punto $A (q_1, p_1)$, dove si intersecano $D(q)$ e $AC(q)$, un equilibrio è raggiunto. Infatti, la disponibilità a pagare degli utenti è uguale al costo sostenuto.

Se si sceglie di adottare un approccio *delay cost*, si può notare come il valore del tempo perso rispetto ad una situazione *free-flow* corrisponda, graficamente, all'area del rettangolo delimitato dai punti: p_0, E, A, p_1 .

In alternativa, seguendo il criterio *deadweight loss (DWL)*, lo studio prevede la costruzione della curva di costo marginale sociale $SMC(q)$.

Infatti, con l'ingresso di un nuovo veicolo (veicolo marginale) nel flusso e la conseguente riduzione della velocità di tutti gli utenti, il tempo di viaggio subisce un ulteriore incremento generando così un costo addizionale per tutti i veicoli.

Sommando questo costo addizionale al costo medio privato ($AC(q)$) si ottiene il costo sociale marginale:

$$\frac{d SC}{d q} = AC(q) + \left(q \times \frac{d AC(q)}{d q} \right)$$

Infine, il punto $B (q_2, p_2)$ raffigura la soluzione economica ottimale poiché, oltre questo punto, un ulteriore veicolo genererebbe un costo sociale maggiore del beneficio sociale.

Il costo esterno della congestione coincide, questa volta, con l'area del triangolo ABC ed è calcolato formalmente con le seguenti formule:

$$DWL_{totale} = (r_1 - r^*) \times \frac{SC_1 - PC_1}{2}$$

$$DWL_{per\ vkm} = DWL_{totale} \times \frac{L_r}{V_r}$$

dove:

- r_1 esprime il rapporto flusso / portata ottimale
- r^* il rapporto flusso / portata in condizioni di congestione
- SC_1 il costo sociale in condizioni di congestione
- PC_1 il costo privato in condizioni di congestione
- L_r la capacità della strada
- V_r i veicoli-chilometro della strada in condizioni di congestione¹²

Lo studio del CE Delft aggiunge, infine, che il costo esterno marginale possa essere formulato anche in questo modo:

$$MEC_{cong}(q) = \frac{VOT \times q}{v(q)^2} \times \frac{d v(q)}{d q}$$

dove:

- $v(q)$ esprime la funzione velocità - flusso prima analizzata.

¹² $V_r = L_r \times r_1$

5 Panoramica dei costi in Italia e in Europa

In questo capitolo si vuole dare un'idea concreta dell'entità dei costi esterni, riportando i valori ufficialmente adottati dalla Commissione Europea, relativi all'anno 2016.

5.1 Il contesto Europeo

5.1.1 Costi esterni totali

Di seguito sono riportati i costi totali, espressi in miliardi di euro, delle esternalità prodotte dai ventisette paesi dell'Unione Europea (Regno Unito escluso).

Strada			
Categoria di costo	Passeggeri	Merci	Complessivo
Emissioni di gas serra	51,903	20,196	72,099
Inquinamento atmosferico	36,513	27,328	63,841
Inquinamento acustico	39,577	13,338	52,915
Incidentalità	208,857	38,314	247,171
Congestione	28,614	10,264	38,877
Totale	365,464	109,439	474,903

Fig. 5.1 – Costi esterni totali del trasporto su strada in EU (miliardi €).

Ferrovia			
Categoria di costo	Passeggeri	Merci	Complessivo
Emissioni di gas serra	0,173	0,208	0,381
Inquinamento atmosferico	0,473	0,634	1,107
Inquinamento acustico	3,473	2,398	5,872
Incidentalità	1,994	0,270	2,263
Congestione	0,000	0,000	0,000
Totale	6,113	3,510	9,623

Fig. 5.2 – Costi esterni totali del trasporto su ferrovia in EU (miliardi €).

Elaborazione su dati raccolti da: *Handbook on the external costs of transport. Version 2019 – Annex: Complete overview of country data. Version 1.1.*

In termini percentuali, per il trasporto su strada, il costo complessivo, che comprende sia passeggeri sia merci, delle emissioni di gas serra rappresenta il 15% del totale. L'inquinamento atmosferico e l'inquinamento acustico, leggermente minori, pesano rispettivamente per il 14% e l'11%. Più di metà (52%) è data dall'incidentalità e, infine, la quota di costo legata alla congestione è pari ad un 8%.

Al contrario, nel trasporto ferroviario, la categoria di costo che ha maggiore incidenza sul totale è l'inquinamento acustico, responsabile per un 61%. Seguono l'incidentalità (24%), l'inquinamento atmosferico (11%) e le emissioni di gas serra (4%). Come ribadito in precedenza, il costo esterno legato alla congestione può essere considerato nullo.¹³

I dati suscitano diverse riflessioni:

in primis, per il trasporto passeggeri su strada, si nota la spaventosa entità del costo esterno dell'incidentalità. Da solo rappresenta il 57% delle esternalità causate dal transito di persone, ed il 44% dei costi complessivi (passeggeri e merci).

Osservando invece il trasporto passeggeri su rotaia, si riscontra come il costo dell'inquinamento acustico pesi, anch'esso, per un 57% su tutti i costi dello spostamento dei viaggiatori e per un 36% sui costi totali, comprensivi anche dei treni merci.

Queste due statistiche suggeriscono che, per entrambe le modalità, attuando misure mirate e specifiche, volte a combattere una sola categoria di costo, gli effetti esterni negativi potrebbero essere ridotti in maniera notevole.

Infine, l'esternalità negativa complessiva prodotta dai mezzi gommati è quasi pari a cinquanta volte quella legata al transito dei treni.

¹³ Capitolo 4, paragrafo 5: Valutazione dei costi esterni legati alla congestione. (pag. 15).

Infatti, confrontando tra loro le due diverse modalità di trasporto, è interessante notare come la strada sia responsabile, in ogni caso e per ogni categoria di costo, di almeno il 90% delle esternalità totali. Ciò avviene sia per il trasporto passeggeri, sia per il trasporto delle merci.



Fig. 5.3 – Incidenza percentuale dei costi esterni totali.

Elaborazione su dati raccolti da: Handbook on the external costs of transport. Version 2019 – Annex: Complete overview of country data. Version 1.1.

Questo grafico testimonia in maniera molto visuale l’attuale peso e incidenza del trasporto su gomma rispetto a quello su rotaia. Tuttavia, i costi totali riflettono la situazione anche in virtù del numero di veicoli, di passeggeri e di tonnellate di merci che interessano gli spostamenti. Perciò, per conoscere l’effettivo risparmio dei costi esterni del trasporto ferroviario occorre analizzare i costi medi, che vengono trattati nel prossimo paragrafo.

5.1.2 Costi esterni medi

Quelli citati nelle tabelle seguenti sono i costi esterni medi sostenuti dall'aggregato europeo. I valori sono espressi in €/pkm per il trasporto passeggeri e in €/tkm per il trasporto merci.

Strada		
Categoria di costo	Passeggeri	Merci
Emissioni di gas serra	0,74	2,46
Inquinamento atmosferico	0,78	2,27
Inquinamento acustico	2,20	1,16
Incidentalità	5,87	3,84
Congestione	0,41	0,13

Fig. 5.4 – Costi esterni medi del trasporto su strada in EU (€-cent/pkm)(€-cent/tkm).

Ferrovia		
Categoria di costo	Passeggeri	Merci
Emissioni di gas serra	0,13	0,13
Inquinamento atmosferico	0,33	0,39
Inquinamento acustico	0,91	0,54
Incidentalità	0,30	0,07
Congestione	0,00	0,00

Fig. 5.5 – Costi esterni medi del trasporto su ferrovia in EU (€-cent/pkm)(€-cent/tkm).

Elaborazione su dati raccolti da: *Handbook on the external costs of transport. Version 2019 – Annex: Complete overview of country data. Version 1.1.*

A conferma dei dati riportati al paragrafo 5.1.1, queste figure evidenziano non solo che le linee ferroviarie prevedono un reale risparmio delle esternalità, ma anche che quest'ultimo è estremamente importante.

Precisamente, sottraendo i valori della seconda tabella ai rispettivi valori nella prima tabella, si ottiene il risparmio di ciascun costo esterno dell'una sull'altra modalità, illustrati dalla figura che segue.

Categoria di costo	Passeggeri	Merci
Emissioni di gas serra	0,61	2,33
Inquinamento atmosferico	0,45	1,88
Inquinamento acustico	1,29	0,62
Incidentalità	5,57	3,77
Congestione	0,41	0,13

Fig. 5.6 – Risparmio dei costi esterni del trasporto ferroviario rispetto al trasporto stradale (€-cent/pkm)(€-cent/tkm).

Perciò, considerando il risparmio minore, relativo all'esternalità della congestione nel trasporto merci, l'utilizzo della ferrovia costa 0,13 €/tkm in meno rispetto alla strada, il che è pur sempre un risparmio notevole.

Il beneficio maggiore lo si ha in riferimento all'incidentalità del traffico passeggeri, dove l'uso dei servizi ferroviari riduce drasticamente il numero di sinistri stradali, facendo risparmiare ben 5,57 €/pkm di costo sociale.

In generale, il risparmio di tutti i costi indicati dalla Fig. 5.6 è elevato e di assoluta rilevanza da un punto di vista ambientale, sociale ed economico.

5.2 La situazione in Italia

5.2.1 Costi esterni totali

Le figure 5.7 e 5.8 elencano i costi totali, espressi in miliardi di euro, delle esternalità prodotte in Italia nello stesso anno (2016).

Strada			
Categoria di costo	Passeggeri	Merci	Complessivo
Emissioni di gas serra	8,556	2,562	11,118
Inquinamento atmosferico	6,579	3,892	10,471
Inquinamento acustico	14,122	2,042	16,164
Incidentalità	33,509	4,389	37,898
Congestione	4,217	1,403	5,620
Totale	66,982	14,289	81,271

Fig. 5.7 – Costi esterni totali del trasporto su strada in Italia (miliardi €).

Ferrovia			
Categoria di costo	Passeggeri	Merci	Complessivo
Emissioni di gas serra	0,013	0,001	0,014
Inquinamento atmosferico	0,034	0,020	0,054
Inquinamento acustico	0,973	0,334	1,307
Incidentalità	0,179	0,007	0,186
Congestione	0,000	0,000	0,000
Totale	1,199	0,362	1,561

Fig. 5.8 – Costi esterni totali del trasporto su ferrovia in Italia (miliardi €).

Elaborazione su dati raccolti da: Handbook on the external costs of transport. Version 2019 – Annex: Complete overview of country data. Version 1.1.

Paragonando la situazione italiana alla dinamica europea, in termini percentuali, si rileva che, per quanto riguarda il trasporto su strada, l'incidenza dei singoli costi rimane piuttosto simile. Per la precisione, le emissioni occupano il 15%, l'inquinamento atmosferico il 14% e la congestione il 7%.

Tutte e tre le percentuali sono molto vicine ai dati europei. L'inquinamento acustico, invece, pesa di più in Italia, esattamente il 20%; mentre il 46% dei costi sono imputabili alla congestione.

Nel trasporto ferroviario, infine, lo scenario nazionale si discosta leggermente da quello comunitario. Il costo che ha la maggiore incidenza sul totale rimane l'inquinamento acustico, elevatissimo in termini relativi, che è responsabile per l'81% delle esternalità prodotte. Le altre categorie (emissioni di gas serra, inquinamento atmosferico e incidentalità) hanno un peso inferiore: rispettivamente 1%, 3% e 12%.

5.2.2 Costi esterni medi

Infine, i costi medi a livello nazionale sono descritti di seguito.

Strada		
Categoria di costo	Passeggeri	Merci
Emissioni di gas serra	0,78	3,19
Inquinamento atmosferico	0,89	3,71
Inquinamento acustico	3,16	2,03
Incidentalità	3,56	3,59
Congestione	0,36	0,18

Fig. 5.9 – Costi esterni medi del trasporto su strada in Italia (€-cent/pkm)(€-cent/tkm).

Ferrovia		
Categoria di costo	Passeggeri	Merci
Emissioni di gas serra	0,23	0,10
Inquinamento atmosferico	0,58	1,50
Inquinamento acustico	3,77	1,72
Incidentalità	0,21	0,04
Congestione	0,00	0,00

Fig. 5.10 – Costi esterni medi del trasporto su ferrovia in Italia (€-cent/pkm)(€-cent/tkm).

Elaborazione su dati raccolti da: Handbook on the external costs of transport. Version 2019 – Annex: Complete overview of country data. Version 1.1.

Il risparmio delle esternalità del trasporto su rotaia rispetto a quello su strada può essere calcolato come descritto al paragrafo 5.1.2.

Categoria di costo	Passeggeri	Merci
Emissioni di gas serra	0,55	3,09
Inquinamento atmosferico	0,31	2,21
Inquinamento acustico	-0,61	0,31
Incidentalità	3,35	3,55
Congestione	0,36	0,18

Fig. 5.11 – Risparmio dei costi esterni del trasporto ferroviario rispetto al trasporto stradale in Italia (€-cent/pkm)(€-cent/tkm).

A differenza dell'Europa, in Italia il costo medio dell'inquinamento acustico prodotto dai mezzi gommati è minore di quello prodotto dai treni. Ciò si riflette nel valore negativo presente in figura (- 0,61 €/pkm). Perciò, non si può dire che ci sia un effettivo risparmio di rumore nell'utilizzo delle linee ferroviarie, nel trasporto passeggeri.

Tuttavia, se si analizzano in generale tutti i costi esterni, la ferrovia si riconferma la modalità di viaggio che produce meno effetti negativi, sia ambientali che sociali.

6 Il PNRR per incentivare il trasporto ferroviario e risolvere i divari territoriali

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) è stato approvato dal Consiglio dei ministri il 31 luglio 2021 ed è lo strumento necessario per l'accesso ai fondi del Next Generation EU (NGEU). Quest'ultimo, costituito da sovvenzioni e prestiti del valore di 750 miliardi di euro, è stato introdotto dall'Unione Europea per il rilancio dell'economia degli Stati membri a seguito della crisi pandemica. I progetti di investimento del PNRR sono suddivisi in 16 componenti, articolate in 6 missioni. La Terza Missione "Infrastrutture per una mobilità sostenibile" dispone di circa il 13% delle risorse complessive previste. Le componenti per questa Missione sono due:

1. Rete ferroviaria ad alta velocità/capacità e strade sicure
2. Intermodalità e logistica integrata

Il Piano prevede una serie di investimenti per rispettivi 24,77 e 0,36 miliardi di euro, a cui si sommano i 6,33 miliardi previsti dal Fondo Complementare, per un totale di 31,46.

L'obiettivo principale della prima componente è quello di potenziare il trasporto ferroviario di passeggeri e merci, a cui sono destinati appunto 24,77 miliardi di investimenti, per incrementarne capacità e connettività. Il rafforzamento e l'ammodernamento della rete ferroviaria è inoltre sostenuto da due riforme fondamentali volte ad accelerare l'iter di approvazione dei singoli progetti e dei Contratti di Programma tra MIMS e RFI.¹⁴ Riguardo il trasporto stradale, sempre la stessa componente, riserva un piano di riforme "Sicurezza Stradale 4.0" per migliorare la resistenza e l'affidabilità di ponti, viadotti e cavalcavia.

¹⁴ Contratti tra *Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili e Rete Ferroviaria Italiana (2022-2026)* che evidenziano le attività previste per il potenziamento della rete ferroviaria e valutano la sostenibilità ambientale, economica e sociale degli interventi.

La seconda componente, invece, si concentra sullo sviluppo della rete portuale e sulla digitalizzazione della catena logistica e dei sistemi aeroportuali.

La tabella seguente descrive i singoli investimenti, con relativo importo espresso in miliardi di euro, che compongono la M3C1 (Missione 3, Componente 1).

1.1	Collegamenti ferroviari ad Alta Velocità verso il Sud per passeggeri e merci	4,64
1.2	Linee ad Alta Velocità nel Nord che collegano all'Europa	8,57
1.3	Connessioni diagonali	1,58
1.4	Sviluppo del sistema europeo di gestione del trasporto ferroviario (ERTMS)	2,97
1.5	Rafforzamento dei nodi ferroviari metropolitani e dei collegamenti nazionali chiave	2,97
1.6	Potenziamento delle linee regionali	0,94
1.7	Potenziamento, elettrificazione e aumento della resilienza delle ferrovie nel Sud	2,40
1.8	Miglioramento delle stazioni ferroviarie nel Sud	0,70

Fig. 6.1 – Investimenti della M3C1 del PNRR (miliardi €).

Fonte: Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. Next Generation Italia.

I collegamenti ferroviari ad Alta Velocità verso il Sud che verranno realizzati interessano tre linee: Napoli – Bari; Palermo – Catania; Salerno – Reggio Calabria. La finalità dell'investimento è la riduzione dei tempi di percorrenza e, di conseguenza, l'aumento della capacità delle tratte. Analogamente, l'intervento 1.2 è destinato a potenziare, in termini di efficacia, velocità e intensità, i principali tragitti del Nord Italia, ossia: Brescia – Verona – Vicenza; Liguria – Alpi; Verona – Brennero. Inoltre, la misura che riguarda le Connessioni diagonali (1.3) vuole incrementare gli spostamenti trasversali tra territori al momento poco collegati tra loro, e consiste nella realizzazione delle seguenti linee ferroviarie: Roma – Pescara; Orte – Falconara; Taranto – Metaponto – Potenza – Battipaglia.

L'obiettivo del quarto intervento della Componente è l'aggiornamento dei sistemi di sicurezza e segnalazione del trasporto ferroviario, per adeguarsi agli standard del sistema europeo di gestione. In generale, l'investimento 1.5 si occupa di rinnovare le stazioni e le linee ferroviarie dei principali collegamenti nazionali, rendendo il trasporto su ferro più conveniente e quindi competitivo rispetto a quello su gomma.

Per quanto riguarda il potenziamento delle linee regionali (1.6) gli interventi prevedono la riqualificazione e l'ammodernamento delle linee per migliorare i flussi di traffico in: Piemonte, Friuli-Venezia Giulia, Umbria, Campania, Puglia e Calabria. Per concludere, il settimo investimento si propone di incrementare la connessione tra porti e aeroporti del Sud Italia, in modo tale da incentivare il trasporto delle merci su rotaia. Infine, l'ultimo intervento si rivolge agli hub ferroviari urbani del Mezzogiorno e comprende processi di riqualificazione e miglioramento dei servizi forniti.

La stretta relazione tra le infrastrutture del trasporto e i divari territoriali viene inoltre sottolineata all'interno del Piano:

“L'attuale sistema delle infrastrutture del trasporto in Italia sconta carenze e ritardi che hanno effetti significativi sul potenziale di crescita e sulla competitività del Paese. Tale debolezza è acuita dal permanere di forti divari territoriali, che travalicano l'usuale differenza fra Nord e Sud; ma anche tra aree urbane e aree interne e rurali, che rappresentano un forte ostacolo alla convergenza economica e sociale e determinano livelli di qualità dei servizi di trasporto molto difforni sul territorio [...]”¹⁵

¹⁵ Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (pag. 158).

Sicuramente, la Terza Missione rappresenta una grande opportunità per aumentare la ricchezza del Paese. Sia in termini di Prodotto Interno Lordo, sia in termini di benefici di carattere sociale e ambientale. Infatti, nel documento, con riferimento alla valutazione dell'impatto macroeconomico per componente, si legge che:

“L'impatto sul PIL di questa missione è dell'1,2 per cento in tutto l'orizzonte temporale, con la prima componente che determina circa l'80 per cento di questa crescita, per effetto del forte effetto trainante degli investimenti in infrastrutture stradali e ferroviarie.”¹⁶

Come detto, gli interventi della missione offrono la possibilità di generare esternalità positive di tipo ambientale e sociale. Di seguito, si elencano i benefici principali che possono scaturire dalla M3C1:

- Incentivi all'utilizzo del trasporto su rotaie; rete ferroviaria più efficace, efficiente e sicura.
- Riduzione dell'impatto ambientale dell'auto privata, in termini di emissioni di gas serra e inquinamento atmosferico.
- Connettività Nord-Sud più rapida e capace; minore isolamento per gli abitanti del Mezzogiorno.
- Minori tempi di percorrenza e diminuzione dei ritardi sulle linee ferroviarie.
- Riqualificazione delle zone urbane e delle stazioni degradate.
- Aumento della capacità delle tratte e del numero di treni per il trasporto sia di passeggeri sia di merci.
- Creazione di posti di lavoro per le aziende del settore e opportunità di sviluppo per le aziende del Sud; incoraggiamento dell'imprenditoria nelle zone meno collegate del Paese.

¹⁶ Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (pag. 259)

- Migliori collegamenti con le tratte europee.
- Incentivi alla mobilità di mezzi pubblici, con spostamenti più efficienti, facili e veloci.
- Maggiore attrattività del territorio, con conseguente spunto per il turismo.
- Miglioramento dei collegamenti dei piccoli centri urbani e aumento della coesione territoriale.

7 Conclusioni

La tesi si sofferma sull'analisi delle esternalità legate al trasporto ferroviario e all'autotrasporto: sono stati studiati i costi esterni legati all'una e all'altra modalità di viaggio. Il presente elaborato si è posto l'obiettivo di suscitare una riflessione sui vantaggi, in termini relativi, che l'utilizzo della ferrovia prevede rispetto al trasporto su strada. Lo spunto è stato fornito da uno studio prodotto dal Freight Leader Council riguardante il rilancio del trasporto merci su rotaia.

Inizialmente, è stata introdotta una cornice di teoria economica all'interno della quale sono stati definiti e classificati i costi della mobilità, distinguendo costi privati da costi esterni, e costi principali da costi secondari.

Attraverso lo studio dei metodi di valutazione adottati dal manuale IMPACT, è stato possibile comprendere in quale maniera viene associato un valore monetario ai danni ambientali e sociali presi in esame. Inoltre, grazie a semplici elaborazioni effettuate sui dati forniti dallo stesso documento europeo, si è potuto analizzare la situazione attuale in Italia e in Europa e cogliere interessanti conclusioni.

Nell'ultimo capitolo è stato evidenziato come il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza sia impegnato a valorizzare e incentivare le infrastrutture del trasporto su ferro. Dunque, sono stati individuati i benefici più importanti che scaturirebbero, soprattutto in termini di innovazione e competitività del Paese.

Dalla ricerca condotta è emerso che l'utilizzo delle linee ferroviarie consente un notevole risparmio dei costi, e che alcune categorie di costo pesano in misura preponderante sulla componente esterna complessiva.

Personalmente, definirei i risultati di questo studio significativi e non del tutto scontati. In realtà, pur essendo prevedibile il minore costo del ferro rispetto alla gomma, si è potuto constatare l'entità del risparmio. La differenza, infatti, si è rivelata essere elevatissima e i danni prodotti dall'autotrasporto di gran lunga più costosi e nocivi.

Un'ulteriore conclusione che merita di essere sottolineata è che, come anticipato al paragrafo 5.1.1, alcuni costi hanno un'incidenza straordinariamente prevalente sul totale, superiore al 50%. Dunque, sarebbero sufficienti misure specifiche e mirate alla mitigazione di una singola esternalità per ridurre significativamente il costo esterno totale.

In generale, l'elaborato ha voluto dimostrare come il potenziamento del sistema ferroviario gioverebbe: (i) all'ecosistema, grazie alla riduzione di esternalità ambientali e sociali; (ii) all'economia, in termini di crescita di lungo periodo.

Riferimenti bibliografici

Freight Leader Council, Campione, G., Cioffi, G., Spirito, P., et al. Le condizioni per il rilancio del trasporto merci su ferro. Liberalizzazione e innovazione. Freight Leader Council, Quaderni – Numero 20. 2010.

CE Delft, Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D., et al. Handbook on estimation of external costs in the transport sector. Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT). Version 1.1. Delft, CE. 2008.

European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, Essen, H., Fiorello, D., El Beyrouy, K., et al. Handbook on the external costs of transport. Version 2019 – 1.1. Publications Office. 2020.

European Parliament, Directorate-General for Internal Policies of the Union, Giglio, M., Martino, A., Sitran, A., et al. The calculation of external costs in the transport sector. A comparative analysis of recent studies in the light of the Commission's 'Greening Transport Package'. European Parliament. 2013.

Staffolani, S. Microeconomia. Introduzione all'economia politica. McGraw-Hill. Milano. 2011.

Silvestri, F. Lezioni di economia dell'ambiente ed ecologica. CLUEB. Bologna. 2003.

Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. Next Generation Italia.

Gli interventi sulle linee ferroviarie per ridurre i divari territoriali. Openpolis.
https://www.openpolis.it/gli-interventi-sulle-linee-ferroviarie-per-ridurre-i-divari-territoriali/?utm_source=Newsletter&utm_medium=email&utm_term=MailUp&utm_content=MailUp&utm_campaign=Newsletter