



## Confronto tra i meccanismi di pedaggio e loro impatto sull'uso dell'infrastruttura ferroviaria

### *Comparing european track access charge mechanisms and their impact on networks use*

Peyman ASMARI <sup>(\*)</sup>  
Stefano RICCI <sup>(\*\*)</sup>

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.06.2024.ART.2>)

**Sommario** - Il *Track Access Charges* (TAC) è un pedaggio pagato dalle Imprese Ferroviarie per utilizzare le infrastrutture, che comprendono linee, stazioni e strutture correlate. Questi oneri svolgono un ruolo cruciale nel recupero dei costi per la manutenzione, l'espansione e il funzionamento della rete ferroviaria, al fine di garantire un accesso equo a più operatori. Le normative sul TAC, in genere, considerano parametri quali la massa del treno, la distanza percorsa, il tempo di funzionamento e il tipo di servizio per determinare le tariffe, con l'obiettivo di stabilire un sistema trasparente e competitivo che ottimizzi l'uso della rete e favorisca la sostenibilità e la crescita. L'articolo attua un'analisi comparativa completa del TAC in 18 paesi europei, approfondendo aspetti qualitativi e quantitativi delle normative sul TAC e indaga le complesse relazioni tra le normative e le principali caratteristiche della rete e della sua capacità. L'analisi comprende parametri quantitativi e valutazioni qualitative, concentrandosi sulla gestione della capacità e sull'uso della rete. Infine, fornisce raccomandazioni ai legislatori e alle parti interessate per migliorare l'efficacia delle normative sul TAC.

#### 1. Introduzione

La Commissione europea ha favorito la separazione delle Imprese Ferroviarie (IF) dai Gestori dell'Infrastruttura (GI) per favorire la concorrenza e l'efficienza del mercato ferroviario, con l'obiettivo di istituire uno spazio ferroviario europeo unico (SERA) smantellando il concetto di monopolio sul controllo delle ferrovie nazionali in atto dalla fine del XX secolo. Questa transizione, facilitata da quattro pacchetti legislativi introdotti tra il 2001 e il 2016, mira a favorire la concorrenza, riformando al tempo

**Summary** - *Track Access Charges* (TAC) represents the fees paid by operators to utilize railway infrastructure, encompassing tracks, stations, and related facilities. These charges play a crucial role in cost recovery for maintaining, expanding, and operating the railway network, while ensuring fair access for multiple operators. TAC regulations typically consider parameters, such as train mass, distance traveled, time of operation, and service type to determine charges, aiming to establish a transparent and competitive system that optimizes network use and to foster sustainability and growth. The paper undertakes a comprehensive comparative analysis of TAC across 18 European countries, delving into both qualitative and quantitative aspects of TAC regulations. It investigates on the intricate relationships between regulations and key network and capacity features. The analysis encompasses both quantitative metrics and qualitative evaluations, focusing on capacity management and network use. Furthermore, the paper provides recommendations for policymakers and stakeholders to enhance the efficacy of TAC regulations.

#### 1. Introduction

The European Commission advocated for the separation of railway undertakings (RU) from infrastructure managers (IM) to enhance competition and efficiency within the railway market, aiming to establish a Single European Railway Area (SERA) by dismantling the concept of natural monopolies controlling national railway networks in the late 20th century. This transition, facilitated by four railway legislative packages introduced between 2001 and 2016, aimed to foster competition among train operators while reforming incumbents and establishing new regulatory authorities to

<sup>(\*)</sup> Sapienza Università di Roma - DICEA, Via Eudossiana, 18, 00184, Roma, IT, [peyman.asmari@uniroma1.it](mailto:peyman.asmari@uniroma1.it).

<sup>(\*\*)</sup> Sapienza Università di Roma - *Development & Innovation in Transport Systems*, Via Eudossiana, 18, 00184, Roma, IT, [stefano.ricci@uniroma1.it](mailto:stefano.ricci@uniroma1.it).

<sup>(\*)</sup> Sapienza University of Rome – DICEA, Via Eudossiana, 18, 00184, Roma, IT, [peyman.asmari@uniroma1.it](mailto:peyman.asmari@uniroma1.it).

<sup>(\*\*) Sapienza University of Rome - Development & Innovation in Transport Systems, Via Eudossiana, 18, 00184, Roma, IT, [stefano.ricci@uniroma1.it](mailto:stefano.ricci@uniroma1.it).</sup>

stesso gli operatori tradizionali e istituendo nuove autorità per supervisionare la sicurezza e le operazioni di mercato. Di conseguenza, questo cambiamento ha dato origine a nuovi meccanismi di regolamentazione del mercato come il TAC, che varia in modo significativo tra i membri dell'UE e all'interno delle nazioni, riflettendo l'evoluzione in corso. Inoltre, i mercati ferroviari possono essere caratterizzati sulla base della separazione verticale e orizzontale, dove la prima implica la supervisione governativa delle infrastrutture mentre le imprese forniscono i servizi, e la seconda riguarda le interazioni tra più attori con responsabilità simili.

Questo articolo intraprende una valutazione del TAC in 18 paesi, studiando reti di Austria, Belgio, Bulgaria, Croazia, Repubblica Ceca, Danimarca, Francia, Germania, Grecia, Ungheria, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi, Norvegia, Portogallo, Spagna, Svezia e Regno Unito, dagli oltre 30.000 km di rete ferroviaria della Germania ai meno di 300 km del Lussemburgo [1] (Fig. 1). L'analisi mira a fornire una comprensione completa di come ciascun paese implementa i propri meccanismi sul TAC, offrendo preziosi spunti sui diversi approcci adottati nel panorama ferroviario europeo.

### 2. Rassegna bibliografica

I mercati ferroviari mostrano vari gradi di separazione verticale e orizzontale, delineando la divisione tra gestio-

*oversee safety and market operations. Consequently, this shift also gave rise to novel market-regulatory mechanisms such as TAC, which vary significantly in implementation among EU members and within nations, reflecting ongoing evolution. Moreover, railway markets can be characterized based on vertical and horizontal separation, with the former involving government oversight of infrastructure while enterprises deliver services, and the latter concerning interactions among multiple players with similar responsibilities.*

*This paper undertakes an evaluation of TAC across 18 countries, encompassing networks of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, Denmark, France, Germany, Greece, Hungary, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, and the UK, characterized by a large variety of sizes, from over 30,000 km of Germany to less than 300 km of Luxembourg [1] (Fig. 1). The analysis aims to provide a comprehensive understanding of how each country implements its TAC mechanisms, offering valuable insights into the diverse approaches adopted across the European railway landscape.*

### 2. Literature review

*Railway markets display various degrees of vertical and horizontal separation, delineating the split between infrastructure management and railway services [2][3][4]. Infrastructure Managers (IM) entails tasks, such as con-*

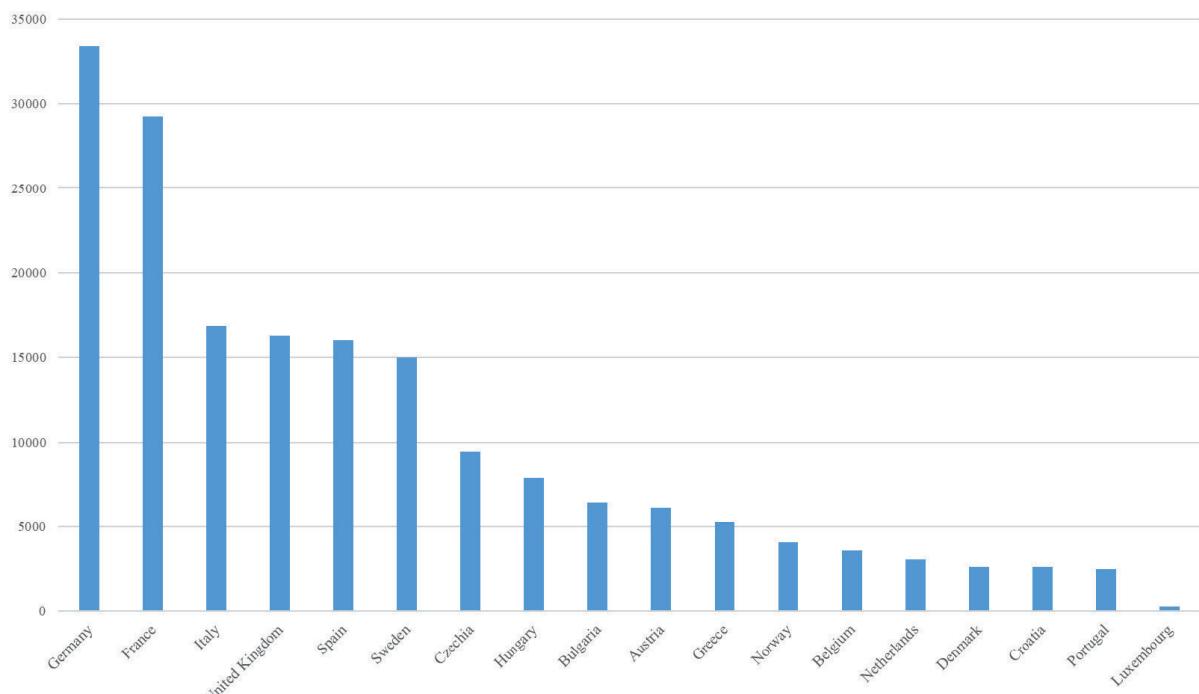


Figura 1 - Dimensioni delle reti ferroviarie nazionali studiate [km].  
Figure 1 - Sizes of studied national railway networks [km].

ne dell'infrastruttura e servizi ferroviari [2][3][4]. I gestori dell'infrastruttura (GI) attuano compiti quali la costruzione, la manutenzione e il controllo del traffico, mentre le Imprese Ferroviarie (IF) sono responsabili del funzionamento dei treni. La Direttiva 91/440/CEE delinea tre tipi di separazione verticale: finanziaria, organizzativa e istituzionale, la prima obbligatoria e la terza facoltativa.

Storicamente, i mercati ferroviari sono stati integrati verticalmente e orizzontalmente, spesso gestiti da enti statali che detenevano il monopolio sull'intero mercato [5]. Tuttavia, a partire dagli anni '80, in linea con la citata Direttiva 91/440/CEE, si è verificata una tendenza verso la separazione di IF da GI, facendo emergere reti ferroviarie e mercati più indipendenti.

Nelle ferrovie separate verticalmente i governi supervisionano le infrastrutture, mentre le imprese gestiscono i servizi. La dimensione orizzontale implica interazioni tra più attori con responsabilità simili, come vari GI e IF [6] (Fig. 2).

L'evoluzione di nuove strutture di mercato ha reso necessaria l'introduzione di nuovi meccanismi come il TAC, che erano assenti durante l'era del monopolio. La direttiva 91/440/CEE ha gettato le basi per il libero accesso alle reti ferroviarie, mentre la direttiva 2001/14/CE ha fornito linee guida per l'allocazione della capacità e l'impostazione delle tariffe. Inizialmente, questa direttiva offriva flessibilità, consentendo agli Stati membri una notevole libertà nell'imporre il TAC. Tuttavia, nel 2015, il Regolamento 2015/909/EU ha imposto limiti alla copertura dei costi del TAC, specificando in dettaglio come calcolare i costi diretti del servizio ferroviario, segnando le ultime linee guida UE sui componenti TAC [7].

Il quadro che disciplina il TAC deve bilanciare la sostenibilità finanziaria delle infrastrutture e l'attrazione di nuovi operatori, aderendo a solidi principi di contenimento dei costi, riconoscendo la segmentazione del mercato e l'utilizzo della rete [8]. Fondamentalmente, la Direttiva stabilisce che le tariffe dovrebbero rispecchiare accuratamente i costi diretti sostenuti attraverso le operazioni di servizio ferroviario, che possono comportare:

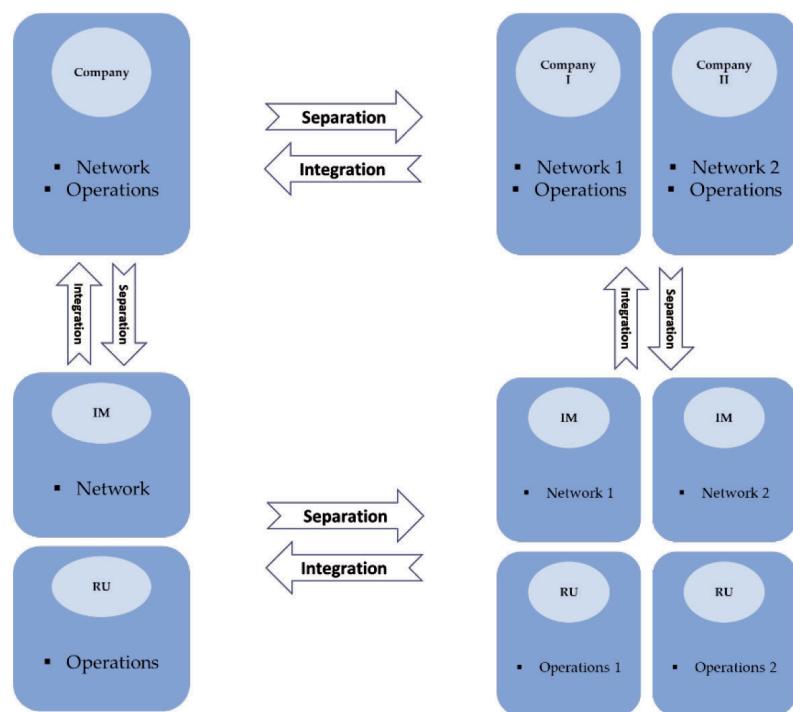
- Indennità per gli oneri legati alla scarsità dei servizi ferroviari, con il compito dei gestori dell'infrastruttura di affrontare tale problema a meno che non sia dimostrato economicamente impraticabile.
- Considerazione dei costi ambientali, a condizione che siano in linea con quelli applicati ad altre modalità di trasporto.

*construction, maintenance, and traffic control, while Rail Undertakings (RU) are responsible for trains' operation. The Directive 91/440/EEC outlines three types of vertical separation: financial, organizational, and institutional, with the first being mandatory and the third being optional.*

*Historically, railway markets have been vertically and horizontally integrated, often managed by state-owned entities holding a monopoly over the entire market [5]. However, since the 1980s, in line with the cited Directive 91/440/EEC, there has been a trend toward separating IM from RU, leading to the emergence of more independent railway networks or sub-markets.*

*In vertically separated railways, governments oversee infrastructure, while enterprises handle services. The horizontal dimension involves interactions among multiple players with similar responsibilities, such as various IM and RU [6] (Fig. 2).*

*The evolution of new market structures has necessitated the introduction of new mechanisms like TAC, which were absent during the monopoly era. Directive 91/440/EEC laid the groundwork for open access to railway networks, while Directive 2001/14/EC provided guidelines for capacity allocation and fee imposition. Initially, this Directive offered flexibility, allowing Member States considerable freedom in crafting TAC models. However, in 2015, Regulation 2015/909/EU imposed limits on cost coverage and TAC levels, detailing how to calculate direct train service costs,*



Fonte – Source: [6]

Figura 2 – Strutture di mercato alternative.

Figure 2 – Alternative market structures.

- Opportunità di recuperare i costi associati a investimenti specifici quando mancano fonti di finanziamento alternative.
- Giustificazione degli sconti sulla base dei costi effettivi, evitando un trattamento preferenziale per gli operatori più grandi.
- Inclusione di oneri che compensano i costi non coperti in altre modalità di trasporto.
- Accettazione di maggiorazioni non discriminatorie, garantendo un trattamento equo tra i segmenti di traffico in grado di coprire i costi diretti [3].

Dopo la ristrutturazione delle ferrovie europee, i ricercatori hanno esaminato approfonditamente le tariffe per l'infrastruttura ferroviaria, concentrando su analisi comparative delle metodologie di costo [9][10][11], dei sistemi di tariffazione di accesso e dei livelli di tariffa tra le nazioni a seguito dei primi due pacchetti normativi ferroviari. Tuttavia, questi studi spesso mancano di un'analisi approfondita delle motivazioni alla base dell'incorporazione di elementi specifici nelle tariffe. Questo articolo approfondisce i meccanismi di tariffazione ferroviaria dal punto di vista della rete e della capacità, inclusa la gestione della puntualità mediante sistemi di bonus-penalità basati sul regime di prestazione [12].

### 3. Meccanismi di TAC

Vari studi [2][3] hanno delineato quadri distinti per le strutture TAC: semplice, semplice-più, moltiplicativo e additivo. Questi quadri offrono diversi approcci alla strutturazione delle tariffe per l'utilizzo dell'infrastruttura ferroviaria, ciascuno con la propria serie di vantaggi e svantaggi, influenzati da fattori quali la complessità della rete, i modelli di utilizzo e gli obiettivi strategici del GI.

Espandendo le quattro categorie di strutture TAC, possiamo approfondire le loro caratteristiche (Tab. 1):

- Semplice: questi modelli danno priorità alla facilità d'uso e all'implementazione semplice, ma trascurano fattori come gli orari di punta o i tipi di servizio, basando le tariffe esclusivamente su unità, come treno-chilometri.
- Semplice-più: evolvendosi rispetto all'approccio semplice, le versioni migliorate incorporano variabili aggiuntive come l'ora del giorno, il tipo di carico e il conteggio dei passeggeri, consentendo un sistema di tariffazione più sfumato e sensibile alle diverse condizioni e tipi di utilizzo ferroviario.
- Moltiplicativo: sono modelli TAC più complessi che integrano vari fattori, quali distanza, massa, velocità e tempo in una formula complessa, risultando in tariffe strettamente allineate ai costi effettivi e alla complessità del servizio.
- Additivo: sono modelli adattabili, che offrono tariffe su misura basate su esigenze specifiche e componenti di

marking the latest EU guidelines on TAC components [7].

*The framework governing TAC must balance financial sustainability for infrastructure and the attraction of new operators, while adhering to robust cost accounting principles and acknowledging market segmentation and network utilization [8]. Fundamentally, the Directive stipulates that fees should accurately mirror the direct costs incurred through train service operations, which may entail:*

- *Allowance for scarcity charges, with infrastructure managers mandated to address scarcity unless proven economically unviable.*
- *Consideration of environmental costs, provided they align with those applied to other transportation modes.*
- *Opportunity for recovering costs associated with specific investments when alternative funding sources are lacking.*
- *Justification of discounts based on actual costs, avoiding preferential treatment for larger operators.*
- *Inclusion of charges compensating for uncovered costs in other transportation modes.*
- *Acceptance of non-discriminatory mark-ups, ensuring equitable treatment across traffic segments capable of covering direct costs [3].*

*Since the restructuring of European railways, scholars have extensively scrutinized railway infrastructure charges, focusing on comparative analyses of costing methodologies [9][10][11], access charge frameworks, and fee levels across nations following the initial two railway packages. However, these studies often lack thorough exploration of the underlying rationale behind the incorporation of specific elements into charging structures. This paper delves into railway charging mechanisms from the perspective of network and capacity, including the management of the punctuality by means of performance regime-based bonus-penalty systems [12].*

### 3. TAC mechanisms

*Various studies [2][3] have delineated distinct frameworks for TAC structures: simple, simple-plus, multiplicative, and additive. These frameworks offer varied approaches to structuring fees for railway infrastructure usage, each with its own set of advantages and disadvantages, influenced by factors, such as network complexity, usage patterns, and the strategic objectives of the IM.*

*Expanding upon the four categories of TAC structures, we can delve deeper into their characteristics (Tab. 1):*

- *Simple: these models prioritize user-friendliness and straightforward implementation but overlook factors like peak travel times or service types, basing charges solely on units, such as train-kilometres.*
- *Simple-plus: evolving from the simple approach, the enhanced versions incorporate additional variables like time of day, cargo type, and passenger counts, allowing*

Tabella 1 – Table 1

Categorie dei quadri tariffari per l'accesso alla rete  
*Categories of track access charge frameworks*

Strutture di TAC <i>TAC structures</i>	Descrizione <i>Description</i>	Paesi <i>Countries</i>
<b>Semplice</b> <i>Simple</i>	Prezzo per treno-km e/o per t-km <i>Price per train-km and/or per t-km</i>	Bulgaria, Danimarca, Germania, Norvegia, Portogallo <i>Bulgaria, Denmark, Germany, Norway, Portugal</i>
<b>Semplice+</b> <i>Simple+</i>	Stesso semplice con la possibilità di alcuni parametri aggiuntivi <i>Same as simple with the possibility of a few additional parameters</i>	Austria, Ungheria, Svezia, Svizzera <i>Austria, Hungary, Sweden, Switzerland</i>
<b>Moltiplicativo</b> <i>Multiplicative</i>	Prezzo base moltiplicato per diversi fattori <i>Base price multiplied by different factors</i>	Croazia, Repubblica Ceca <i>Croatia, Czechia</i>
<b>Additivo</b> <i>Additive</i>	$X_1 + X_2 + X_3 + \dots$ con $X_i$ componente semplice o complessa <i><math>X_1 + X_2 + X_3 + \dots</math> where <math>X_i</math> is a simple or a complex component</i>	Belgio, Francia, Grecia, Italia, Lussemburgo, Olanda, Spagna, Regno Unito <i>Belgium, France, Greece, Italy, Luxembourg, Netherlands, Spain, United Kingdom</i>

costo individuali, tariffe di base, tariffe per elementi come tunnel e aggiunte per le ore di punta o tratte trafficate, calcolati separatamente e quindi combinati per determinare la tariffa finale, con ciascun componente potenzialmente derivato da una formula o approccio diverso.

## 4. Analisi qualitativa e quantitativa

### 4.1. Tipologie di schemi di carico

Analizzando gli schemi di TAC emergono diversi fattori legati alla capacità e alle infrastrutture. Con un approccio molto semplificato, si può pensare una formulazione che incorpori gli oneri per la capacità  $F(C)$  e l'infrastruttura  $F(I)$ , riflettendo i parametri operativi più ricorrenti.

$$TAC = F(C) + F(I) \quad (1)$$

Dal punto di vista della capacità,  $F(C)$  include vari fattori, come la distanza percorsa, l'ora del giorno/settimana, la categoria della linea, il tipo di trazione, la congestione della rete e la gestione del traffico. Tali elementi regolano l'allocazione e la gestione della capacità di rete per gli operatori ferroviari. Ad esempio, la distanza coperta misura la lunghezza di utilizzo dei binari ferroviari, mentre l'ora del giorno/della settimana distingue tra periodi di punta e non di punta per gestire la domanda in modo efficace.

Sul fronte delle infrastrutture,  $F(I)$  comprende fornitura di energia elettrica, massa del treno, stazioni/fermate, velocità e segmento di mercato. Questi elementi riguardano i costi diretti sostenuti dall'GI e influiscono sulle attività di manutenzione e utilizzo. Ad esempio, la massa del treno influenza l'usura dei binari e la frequenza della manutenzione, mentre la classificazione delle stazioni/fermata influenza i servizi passeggeri.

for a more nuanced charging system sensitive to diverse conditions and types of railway usage.

- *Multiplicative: more intricate TAC models that integrate various factors, such as distance, mass, speed, and time into a complex formula, resulting in charges closely aligned with actual costs and service complexities.*
- *Additive: frameworks that offer adaptability by allowing at tailored charging based on specific needs and individual cost components, including basic fees, charges for features like tunnels, and premiums for peak times or busy routes, calculated separately and then combined to determine the final charge, with each component potentially derived from a different formula or approach.*

## 4. Qualitative and Quantitative Analysis

### 4.1. Typologies of charging schemes

Analysing the TAC schemes, various factors related to capacity and infrastructure emerge. In a very simplified approach, a comprehensive formulation incorporates charges for capacity  $F(C)$  and infrastructure  $F(I)$ , reflecting the most recurrent operational parameters.

$$TAC = F(C) + F(I) \quad (1)$$

From a capacity perspective,  $F(C)$  include various factors, such as Distance Covered, Time of Day/Week, Line Category, Traction Type, Network Congestion, and Traffic Management are considered. These elements govern the allocation and the management of the network capacity for railway operators. For instance, Distance Covered measures the length of the railway tracks use, while Time of Day/Week distinguishes between peak and off-peak periods to manage demand effectively.

## 4.2. Analisi Quantitativa

In questa sezione vengono valutati gli aspetti qualitativi dei parametri interessati. Le seguenti sottosezioni forniscono un esame completo degli aspetti qualitativi dei parametri stessi, offrendo approfondimenti sulla loro adozione, significato, flessibilità e potenziale per strategie di standardizzazione o benchmarking.

### 4.2.1. Adozione dei parametri

I *Network Statement*, pubblicati dai GI, costituiscono una risorsa completa contenente informazioni dettagliate sull'infrastruttura ferroviaria, che coprono specifiche tecniche, norme di accesso, tariffe e dettagli essenziali per le Imprese Ferroviarie che operano sulla rete. Il suo ruolo è cruciale nel garantire trasparenza ed equo accesso alle infrastrutture ferroviarie per tutti i potenziali utenti. Pertanto, per valutare approfonditamente i quadri normativi dei vari paesi, è fondamentale esaminare gli ultimi prospetti informativi delle reti. Questi prospetti, riassunti nella Tab. 2, offrono spunti attuali sull'approcchio di ciascun paese alla gestione e alla regolamentazione della rete ferroviaria. L'analisi dei dati rivela che, mentre parametri quali la distanza coperta, il segmento di mercato, la fornitura di energia elettrica e la massa dei treni sono comunemente considerati dalla maggior parte dei paesi, altri parametri, quali l'ora del giorno/della settimana, la categoria della linea, la congestione della rete, la gestione del traffico, e le stazioni/fermate sono incluse solo da pochi sistemi TAC. L'applicazione della massa del treno varia: alcuni paesi la combinano con la distanza percorsa, mentre altri utilizzano categorie di massa fisse. Allo stesso modo, la categorizzazione della velocità differisce in base ai limiti di velocità della linea ferroviaria tra i paesi.

### 4.2.2. Valutazione dell'importanza dei parametri

La distanza coperta riveste un'importanza significativa nella valutazione della capacità poiché aiuta i gestori dell'infrastruttura ad allocare in modo efficiente la capacità e a ottimizzare l'utilizzo dei binari. Inoltre, determina il TAC, incidendo sulla generazione delle entrate e sulla pianificazione del bilancio. Inoltre, i dati dettagliati sulla lunghezza del viaggio supportano una pianificazione operativa strategica, la pianificazione della manutenzione e la fornitura puntuale del servizio. La massa del treno svolge un ruolo cruciale nel garantire la sicurezza prevenendo sollecitazioni eccessive sui binari e riducendo il rischio di deragliamento, influenzando anche l'usura delle infrastrutture e le decisioni operative, come la selezione e la programmazione del percorso. Inoltre, influenza su considerazioni finanziarie poiché i treni più pesanti potrebbero dover sostenere tariffe più elevate a causa della maggiore usura delle infrastrutture e funge da indicatore di prestazione che influenza aspetti come le capacità di accelerazione e di frenata. L'analisi del segmento di mercato fornisce approfondimenti sulle tendenze dei servizi ferroviari, guidando le decisioni sulla

*On the infrastructure front, F(I) includes Electricity Supply, Train Mass, Stations/Stops, Speed, and Market Segment. These elements address the direct costs incurred by the IM and impact maintenance and usage activities. For example, Train Mass affects the track wear and the maintenance frequency, meanwhile Stations/Stops classification influences the passenger services.*

## 4.2. Qualitative Analysis

*In this section, qualitative aspects of the concerned parameters are assessed. The following subsections provide a comprehensive examination of the qualitative aspects of the parameters themselves, offering insights into their adoption, significance, flexibility, and potential for standardization or benchmarking strategies.*

### 4.2.1. Adoption of parameters

*The Network Statements, issued by the IMs, serve as a comprehensive resource containing detailed information on railway infrastructure, covering technical specifications, access regulations, tariffs, and essential details for railway undertakings operating on the network. Its role is crucial in ensuring transparency and fair access to railway infrastructure for all potential users. Therefore, to thoroughly assess regulatory frameworks across countries, examining the latest network statements is fundamental. These statements, summarized in Tab. 2, offer current insights into each country's approach to rail network management and regulations. Data analysis reveals that, while parameters, such as Distance Covered, Market Segment, Electricity Supply, and Train Mass, are commonly considered by most countries, other parameters, such as Time of Day/Week, Line Category, Network Congestion, Traffic Management, and Stations/Stops are included by only a few TAC systems. The application of Train Mass varies, with some countries combining it with Distance Covered, while others use fixed mass categories. Similarly, Speed categorization differs based on railway line speed limits among countries.*

### 4.2.2. Evaluation of parameters' importance

*Distance Covered holds significant importance in capacity assessment as it aids infrastructure managers in efficiently allocating capacity and optimizing track usage. It also shapes the TAC framework, impacting revenue generation and budget planning. Furthermore, detailed route length data supports strategic operational planning, maintenance scheduling, and punctual service delivery. In addition, Train Mass plays a crucial role in ensuring safety by preventing excessive stress on tracks and reducing the risk of derailment, while also influencing infrastructure wear and operational decisions, such as route selection and scheduling. Moreover, it affects financial considerations as heavier trains may face higher charges due to increased infrastructure wear, and it serves as a performance indicator influencing aspects like acceleration and braking capabilities. Furthermore, Market Segment analysis provides insights into railway service trends, guiding decisions on service distribution and infrastructure investments. It facilitates*

## POLITICA E ECONOMIA

Tabella 2 – Table 2

Parametri adottati dai diversi Paesi  
*Parameters adopted in various countries*

Paese <i>Country</i>	Capacità <i>Capacity</i>					Infrastruttura <i>Infrastructure</i>				Segmento di mercato <i>Market segment</i>
	Distanza percorsa <i>Distance Covered</i>	Ora del giorno/ settimana <i>Time of the day/week</i>	Categoria di linea <i>Line Category</i>	Tipo di trazione <i>Traction type</i>	Traffico sulla rete <i>Network Congestion</i>	Management	Elettrificazione <i>Electricity Supply</i>	Massa del treno <i>Train Mass</i>	Stazioni/fermata <i>Station/Stops</i>	
Austria	✓			✓				✓		✓
Belgio <i>Belgium</i>	✓	✓			✓		✓			✓
Bulgaria	✓							✓		
Croazia <i>Croatia</i>	✓		✓				✓	✓		✓
Cechia <i>Czechia</i>	✓					✓		✓	✓	✓
Danimarca <i>Denmark</i>	✓						✓			
Francia <i>France</i>	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓
Germania <i>Germany</i>	✓					✓				✓
Grecia <i>Greece</i>	✓			✓				✓	✓	✓
Ungheria <i>Hungary</i>	✓						✓	✓		✓
Italia <i>Italy</i>	✓			✓				✓		✓
Lussemburgo <i>Luxemburg</i>	✓				✓	✓	✓	✓		✓
Olanda <i>Netherlands</i>	✓						✓	✓	✓	✓
Norvegia <i>Norway</i>	✓							✓		✓
Portogallo <i>Portugal</i>	✓	✓	✓	✓						✓
Spagna <i>Spain</i>	✓		✓				✓			✓
Svezia <i>Sweden</i>	✓							✓		✓
Regno Unito <i>UK</i>	✓						✓	✓		✓

distribuzione dei servizi e sugli investimenti nelle infrastrutture. Facilita l'allocazione efficace della capacità riconoscendo le diverse esigenze dei segmenti di mercato e

effective capacity allocation by recognizing diverse market segment needs and supports fair pricing models tailored to each segment's characteristics and demands. Additionally, it

supporta modelli di prezzi equi adatti alle caratteristiche e alle richieste di ciascun segmento. Inoltre, semplifica la valutazione del segmento, identifica i problemi operativi e promuove la concorrenza incoraggiando i nuovi operatori ad espandere la propria attività ferroviaria. Analizzando e confrontando qualitativamente questi parametri, la loro importanza attraverso i vari meccanismi di tariffazione può essere valutata attraverso 3 livelli di importanza come segue (Tab. 3):

- Basso: ha un'influenza minima sul meccanismo complessivo di tariffazione.
- Medio: ha un ruolo moderato nel meccanismo di tariffazione complessivo.
- Alto: diventa una componente centrale o primaria nel meccanismo di tariffazione.

### 4.2.3. Adattabilità e flessibilità

Anche l'adattabilità e la flessibilità dei parametri sono state classificate in tre gruppi distinti (Tab. 4):

- Flessibile: parametri stabiliti per essere perfettamente adattabili a diversi scenari con facilità e versatilità.
- Semirigido: parametri moderatamente adattabili che potrebbero non coprire tutti gli scenari potenziali ma gestire efficacemente un numero sostanziale di approcci nazionali.
- Rigido: parametri che fungono da componenti centrali o primari nel meccanismo di tariffazione, offrendo una flessibilità limitata.

### 4.2.4. Prospettive di standardizzazione e strategie di benchmark

Esplorare la possibilità di standardizzare determinati parametri tra paesi rappresenta un'opportunità interessante. L'allineamento di questi parametri potrebbe favorire una maggiore coerenza e comprensione reciproca tra gli operatori nazionali. L'analisi comparativa delle normative nei vari paesi europei evidenzia parametri specifici che potrebbero essere standardizzati e possibilmente adottati universalmente.

L'inclusione della categoria di linea negli schemi TAC è attualmente limitata a quattro paesi, ma i suoi vantaggi sono evidenti: stabilendo categorie distinte, le sezioni dei binari ferroviari possono dettagliare efficacemente fattori come velocità ammessa e limiti di massa su segmenti specifici, facilitando classificazioni informative e facilmente navigabili. Allo stesso modo, l'importanza dell'ora del giorno/della settimana nella regolazione della congestione della rete, soprattutto durante le ore di punta, non è trascurabile. Sfruttare gli incentivi per i parametri non di punta consente ai gestori dell'infrastruttura di incoraggiare strategicamente le Imprese Ferroviarie a programmare le operazioni durante i periodi meno trafficati. Questa ottimizzazione mira a migliorare l'utilizzo della rete e garantire operazioni più fluide.

*simplifies segment evaluation, identifies operational issues, and promotes competition by encouraging new entrants to expand their rail business. By qualitatively analysing and contrasting these parameters, their significance across various charging mechanisms can be assessed through 3 levels of importance as follows (Tab. 3):*

- *Low: it has a minimal influence on the overall charging mechanism.*
- *Medium: it plays a moderate role in the overall charging mechanism.*
- *High: it becomes a central or primary component in the charging mechanism.*

### 4.2.3. Adaptability and Flexibility

*The adaptability and flexibility of parameters have also been classified into three distinct groups (Tab. 4):*

- *Flexible: parameters established to be seamlessly adaptable to diverse scenarios with ease and versatility.*
- *Semi-rigid: Moderately adaptable parameters that may not cover all potential scenarios but effectively manage a substantial number of national approaches.*
- *Rigid: Parameters serving as central or primary components in the charging mechanism, offering limited flexibility.*

### 4.2.4. Prospectives for standardization and benchmark strategies

*Exploring the possibility of standardizing certain parameters across countries presents an intriguing opportunity. Aligning these parameters could foster greater consistency and mutual understanding among national operators. The benchmarking analysis of regulations across various European countries highlights specific parameters that could be standardized and possibly universally adopted.*

*The incorporation in the TAC schemes of Line Category is currently limited to four countries, yet its benefits are evident: by establishing distinct categories, railway track sections can effectively detail factors like permissible speed and mass limits on specific segments, facilitating informative and easily navigable classifications. Similarly, the significance of Time of Day/Week in regulating network congestion, especially during peak travel times, is not negligible. Leveraging incentives for off-peak parameters enables infrastructure managers to strategically encourage railway undertakings to schedule operations during less busy periods. This optimization aims to improve network usage and ensure smoother operations.*

## 4.3. Quantitative Analysis

*To ensure an equitable comparison across different charging systems employed in diverse countries, a set of reference parameters has been established to simulate a standardized scenario. These parameters, along with their corresponding assumed values, serve as a benchmark for assessing and analysing various charging mechanisms. By adopting these reference parameters, researchers and policymakers can*

## POLITICA E ECONOMIA

Tabella 3 – Table 3

Importanza dei parametri nei diversi Paesi  
*Parameters' importance across different countries*

Paese Country	Distanza percorsa Distance Covered	Ora del giorno/ settimana <i>Time of the day/week</i>	Categoria di linea Line Category	Importanza <i>Importance</i>						
				Tipo di trazione Traction type	Traffico sulla rete Network Congestion	Management Management	Elettrificazione Electricity Supply	Massa del treno Train Mass	Stazioni/fermate Station/Stops	Velocità Speed
Austria	Alta High	Bassa Low	Alta High	-	-	Alta High	-	-	-	-
Belgio Belgium	Alta High	Non considerata <i>Not Considered</i>	Media Medium	Alta High	-	-	Alta High	-	-	-
Bulgaria	Alta High	Bassa Low	Non considerato <i>Not Considered</i>	-	-	-	-	-	-	-
Croazia Croatia	Alta High	Alta High	Alta High	-	Alta High	-	-	-	-	-
Cechia Czechia	Alta High	Alta High	Media Medium	-	-	-	-	Alta High	Alta High	-
Danimarca Denmark	Alta High	Non considerata <i>Not Considered</i>	Non considerato <i>Not Considered</i>	-	-	-	-	-	-	-
Francia France	Alta High	Alta High	Alta High	Bassa Low	Alta High	-	-	Bassa Low	-	Alta High
Germania Germany	Alta High	Non considerata <i>Not Considered</i>	Alta High	-	-	-	-	Bassa Low	-	Bassa Low
Grecia Greece	Alta High	Bassa Low	Media Medium	-	-	Alta High	-	-	Alta High	-
Ungheria Hungary	Alta High	Media Medium	Media Medium	-	-	-	-	-	-	Bassa Low
Italia Italy	Alta High	Alta High	Alta High	-	-	Alta High	-	-	-	Alta High
Lussemburgo Luxemburg	Alta High	Alta High	Bassa Low	-	-	-	Alta High	Alta High	-	-
Olanda Netherlands	Alta high	Alta High	Bassa Low	-	-	-	-	-	Alta High	-
Norvegia Norway	Media Medium	Media Medium	Alta High	-	-	-	-	-	-	-
Portogallo Portugal	Alta High	Non considerata <i>Not Considered</i>	Alta High	Bassa Low	Bassa Low	Alta High	-	-	-	-
Spagna Spain	Alta High	Non considerata <i>Not Considered</i>	Alta High	-	-	-	-	-	-	Bassa Low
Svezia Sweden	Alta High	Bassa Low	Media Medium	-	-	-	-	-	-	-
Regno Unito UK	Alta high	Alta High	Alta High	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 4 – Table 4

Flessibilità dei parametri tra paesi  
Parameters' flexibility across countries

Paese Country	Capacità Capacity					Infrastruttura Capacity					
	Distanza percorsa Distance Covered	Ora del giorno/set- timana Time of Day/Week	Categoria di linea Line Cate- gory	Traffico sulla rete Network Conge- stion	Tipi di Trazione Traction type	Management	Elettrifi- cazione Electrici- ty Supply	Massa del treno Train Mass	Stazioni/ Fermate Station/ Stops	Velocità Speed	Segmento di mercato Market segment
Austria	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	-	-	-	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>
Belgio <i>Belgium</i>	Rigido <i>Rigid</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>	-	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>
Bulgaria	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	-	-	-	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	-	-
Croazia <i>Croatia</i>	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>
Cechia <i>Czechia</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>	Rigido <i>Rigid</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>
Danimarca <i>Denmark</i>	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	-	-	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	-	-	-
Francia <i>France</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	-	-	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>
Germania <i>Germany</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>	-	Flessibile <i>Flexible</i>
Grecia <i>Greece</i>	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	Rigido <i>Rigid</i>	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	Rigido <i>Rigid</i>
Ungheria <i>Hungary</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	-	Rigido <i>Rigid</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>
Italia <i>Italy</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>	-	Flessibile <i>Flexible</i>	-	Flessibile <i>Flexible</i>	Flessibile <i>Flexible</i>
Lussemburgo <i>Luxembourg</i>	Rigido <i>Rigid</i>	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	Rigido <i>Rigid</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>
Olanda <i>Netherlands</i>	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	-	-	-	-	Rigido <i>Rigid</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>
Norvegia <i>Norway</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>
Portogallo <i>Portugal</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	-	-	-	-	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>
Spagna <i>Spain</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>	-	Flessibile <i>Flexible</i>
Svezia <i>Sweden</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	Semi-rigido <i>Semi-rigid</i>
Regno Unito <i>UK</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	-	Rigido <i>Rigid</i>	Flessibile <i>Flexible</i>	-	-	-	Flessibile <i>Flexible</i>

### 4.3. Analisi quantitativa

Per garantire un confronto equo tra i diversi sistemi di tariffazione utilizzati nei diversi paesi, è stata stabilita una serie di parametri di riferimento per simulare uno scenario standardizzato. Questi parametri, insieme ai corrispondenti valori presunti, fungono da punto di riferimento per valutare e analizzare vari meccanismi di tariffazione. Adottando questi parametri di riferimento, ricercatori e policy maker possono valutare in modo più efficace le prestazioni e l'efficacia dei diversi sistemi di tariffazione in diversi contesti.

Di seguito si riportano i parametri individuati ed i relativi valori assunti:

- La distanza percorsa è standardizzata a 100 km, fornendo una base coerente per valutare le tariffe basate sulla distanza tra le diverse reti ferroviarie.
- La massa dei treni passeggeri pendolari è fissata a 140 t, mentre i treni merci intermodali sono ipotizzati a 2000 t, il che consente un'analisi comparativa delle tariffe basate sulla massa tra diversi tipi di operazioni ferroviarie.
- Si presume che il consumo di elettricità sia rispettivamente di 590 kWh per i treni passeggeri e 8400 kWh per i treni merci, sulla base dei dati del Manuale ferroviario [13].

Per confrontare i corrispettivi di accesso ai binari nei diversi paesi, il calcolo fa riferimento ai corrispettivi del Pacchetto Minimo di Accesso per tratte ferroviarie standard e non congestionate, concentrando in particolare sui servizi ferroviari a lunga percorrenza o regionali operanti a velocità convenzionali su linee elettrificate e non elettrificate, con riferimento ai gruppi di regimi tariffari standard individuati: Semplice, Semplice+, Moltiplicativo e Additivo.

I risultati sono riassunti nella Tab. 5 e commentati di seguito.

#### 4.3.1. Meccanismo di tariffa semplice

Sulla base dei dati (Fig. 3), le tariffe della Danimarca dimostrano una notevole coerenza in tutte le categorie, a differenza di paesi come Norvegia e Germania, dove le tariffe rimangono relativamente stabili indipendentemente dall'elettrificazione. Tuttavia, in alcuni paesi (Bulgaria e Portogallo) per i servizi elettrificati vengono applicate tariffe più elevate rispetto a quelle non elettriche. Il TAC più economico viene applicato in Bulgaria e Norvegia per i servizi passeggeri e in Portogallo per i servizi merci. Vale la pena notare che, mentre la Bulgaria impone le tariffe più elevate per i servizi elettrici di trasporto merci, nel frattempo offre le tariffe più convenienti in varie altre categorie.

#### 4.3.2. Meccanismi di tariffa semplice-più

I risultati (Fig. 4) rivelano che in Austria e Svezia il TAC non vengono influenzati dai costi dell'elettricità, mentre l'Ungheria integra l'elettricità nelle proprie strutture di ta-

*more effectively evaluate the performance and effectiveness of different charging systems in different contexts.*

*Outlined below are the identified parameters and their corresponding assumed values:*

- *The travelled distance is standardized at 100 km, providing a consistent basis for assessing distance-based charges across different railway networks.*
- *The mass of commuter passenger trains is set at 140 t, while intermodal freight trains are assumed at 2000 t, which allow at a comparative analysis of mass-based charges across different types of train operations.*
- *Electricity consumption is assumed to be 590 kWh for passenger trains and 8400 kWh for freight trains, respectively, based on data from the Railway Handbook [13].*

*To compare track access charges across different countries, the calculation refers to Minimum Access Package charges for standard, non-congested train routes, specifically focusing on long-distance or regional train services operating at conventional speeds on electrified and not electrified lines, with reference to the identified standard charging regimes groups: Simple, Simple+, Multiplicative, and Additive.*

*The results are summarised in Tab. 5 and commented below.*

##### 4.3.1. Simple Charging Mechanism

*Based on the data (Fig. 3), Denmark's charges demonstrate a remarkable consistency across all categories, differently from countries like Norway and Germany, where fees remain relatively stable regardless of the electrification. However, in some countries (Bulgaria and Portugal) higher charges are applied for electrified services compared to their non-electric counterparts. The cheapest TAC is applied in Bulgaria and Norway for passenger services and in Portugal for freight services. It is worth noting that while Bulgaria imposes the highest charges for freight electric services, meanwhile offers the most affordable charges in various other categories.*

##### 4.3.2. Simple Plus Charging Mechanisms

*The findings (Fig. 4) reveal that in Austria and Sweden TACs remain unaffected by electricity costs, while Hungary integrates electricity into its charging structures. There are notable variations across these countries, with Hungary generally exhibiting the highest charges and Austria offering the most competitive rates.*

##### 4.3.3. Multiplicative Charging Mechanisms

*The data (Fig. 5) highlights a significant discrepancy in pricing among these countries in non-electric services. Croatia stands out for offering the most affordable rates for both passenger and freight services, meanwhile Czechia maintains identical pricing mechanisms for both non-electrified and electrified services.*

##### 4.3.4. Additive Charging Mechanisms

*Substantial variations emerge (Fig. 6) in pricing*

Tabella 5 – Table 5

TAC calcolato per treni standard e distanza fissa (100 km)  
*Calculated TAC for standard trains on a fixed distance (100 km)*

Regime <i>Regime</i>	Paese <i>Country</i>	TAC [EUR/treno] <i>TAC [EUR/train]</i>	TAC [EUR/treno] <i>TAC [EUR/train]</i>	TAC3 [EUR/treno] <i>TAC3 [EUR/train]</i>	TAC4 [EUR/treno] <i>TAC4 [EUR/train]</i>
		Passeggeri (non elettrificato) <i>Passenger (not electrified)</i>	Passeggeri (elettrificato) <i>Passenger (electrified)</i>	Merci (non elettrificato) <i>Freight (not electrified)</i>	Merci (elettrificato) <i>Freight (electrified)</i>
Semplice <i>Simple</i>	Bulgaria	46.51	102.85	240.03	1,044.86
	Danimarca <i>Denmark</i>	674.70	674.70	674.70	674.70
	Norvegia <i>Norway</i>	84.77	84.77	245.34	245.34
	Portogallo <i>Portugal</i>	184.00	208.00	123.00	139.00
	Germania <i>Germany</i>	319.00	319.00	524.00	524.00
Semplice+ <i>Simple+</i>	Austria	81.44	81.44	65.13	65.13
	Ungheria <i>Hungary</i>	595.19	823.99	689.00	917.80
	Svezia <i>Sweden</i>	354.13	354.13	566.16	566.16
Moltiplicativo <i>Multiplicative</i>	Croazia <i>Croatia</i>	54.16	124.89	173.84	412.63
	Repubblica Ceca <i>Czechia</i>	144.61	144.61	586.88	586.88
Additivo <i>Additive</i>	Belgio <i>Belgium</i>	1,042.15	1,051.35	194.85	326.40
	Francia <i>France</i>	520.93	841.93	982.00	1,303.00
	Grecia <i>Greece</i>	206.52	224.16	463.36	603.98
	Italia <i>Italy</i>	364.60	367.00	222.70	225.10
	Lussemburgo <i>Luxemburg</i>	1,246.49	1,398.89	650.42	802.82
	Spagna <i>Spain</i>	1,232.90	1,434.70	175.60	204.30
	Regno Unito <i>UK</i>	84.31	89.15	481.15	544.06
	Olanda <i>Netherlands</i>	921.50	933.52	1,787.2	1,958.94

riffazione. Ci sono notevoli variazioni tra questi paesi, con l'Ungheria che generalmente mostra le tariffe più alte e l'Austria che offre le tariffe più competitive.

#### 4.3.3. Meccanismi di tariffa moltiplicativa

I dati (Fig. 5) evidenziano una significativa discrepanza nei prezzi per i servizi non elettrificati. La Croazia si distingue per offrire le tariffe più convenienti sia per i servizi passeggeri che per quelli merci, mentre la Repubblica Ceca mantiene meccanismi di prezzo identici sia per i servizi non elettrificati che per quelli elettrificati.

structures for passenger transport across the concerned countries: Luxembourg and Spain boast the highest charges for passenger transport. Conversely, the United Kingdom offers the most affordable prices for passengers. In the field of freight services, the Netherlands takes the lead with the highest TACs, meanwhile Spain stands out for providing the less expensive options for freight transport. Notably, Spain's charging structure is strongly focusing on favouring the freight transport. The effect of the electrification is particularly relevant in France, while it is negligible in Italy.

## POLITICA E ECONOMIA

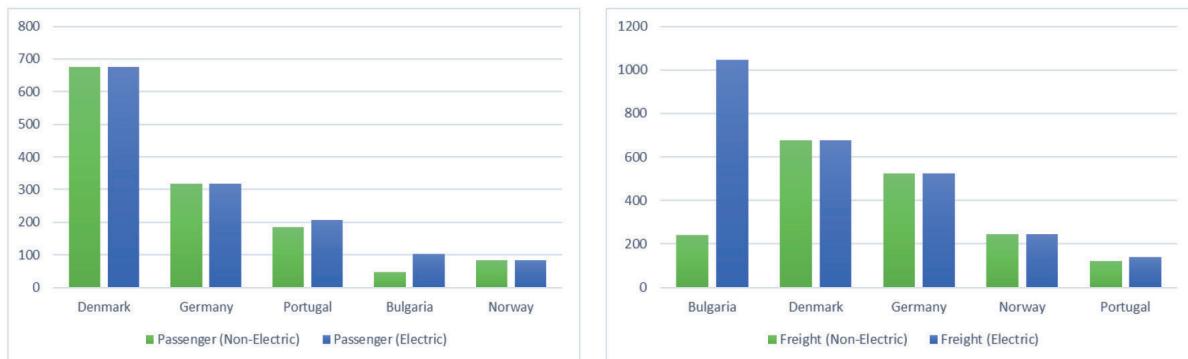


Figura 3 - Meccanismi di tariffazione semplici: servizi passeggeri (a sinistra) e merci (a destra).  
*Figure 3 - Simple Charging Mechanisms: passenger (left) and freight (right) services.*

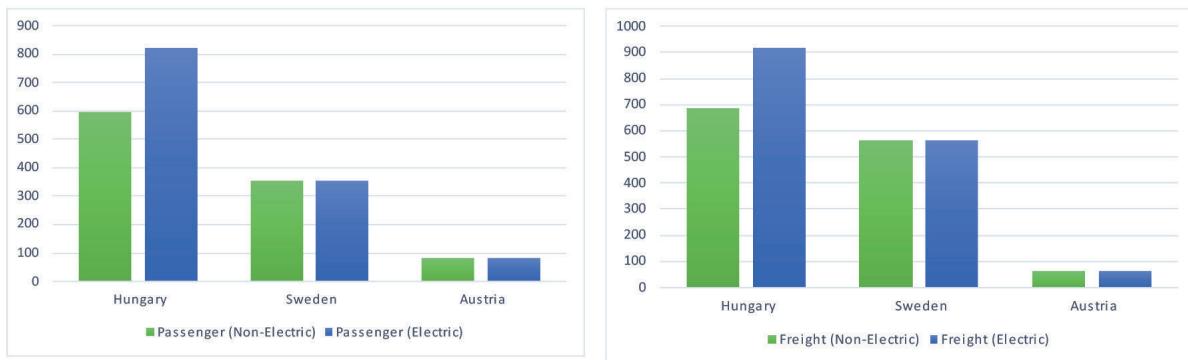


Figura 4 - Meccanismi di tariffazione Simple Plus: servizi passeggeri (a sinistra) e merci (a destra).  
*Figure 4 - Simple Plus Charging Mechanisms: passenger (left) and freight (right) services.*

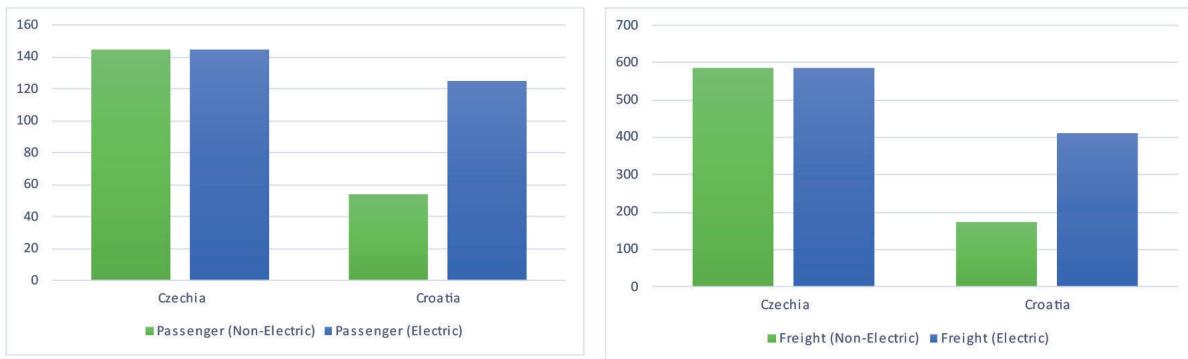


Figura 5 - Meccanismi di tariffazione moltiplicativa: servizi passeggeri (a sinistra) e merci (a destra).  
*Figure 5 - Multiplicative Charging Mechanisms: passenger (left) and freight (right) services.*

### 4.3.4. Meccanismi di carica additiva

Emergono variazioni sostanziali (Fig. 6) nei dei prezzi per il trasporto passeggeri nei paesi interessati: Lussemburgo e Spagna vantano le tariffe più elevate per il trasporto passeggeri. Al contrario, il Regno Unito offre i prezzi

### 4.4. Traffic intensity on the concerned networks

*To thoroughly assess the effectiveness and consequences of various charging systems, a comprehensive analysis has been carried out on traffic intensity and train utilization in the various networks. Passenger traffic intensity has been*

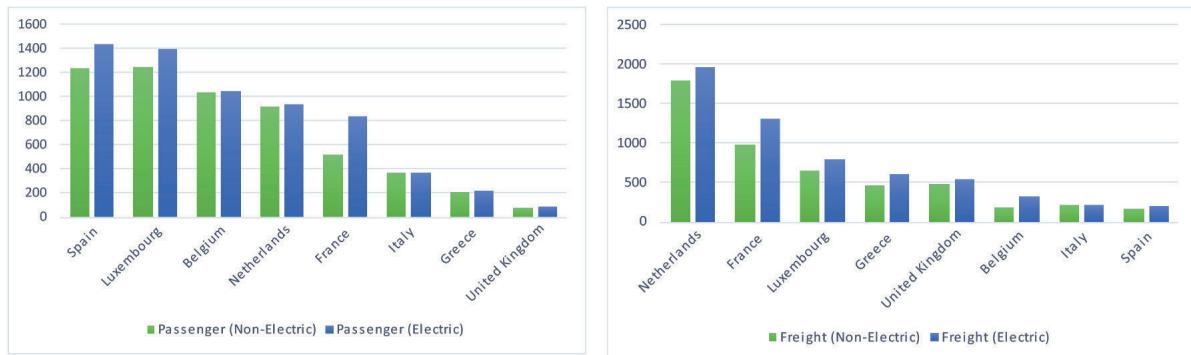


Figura 6 - Meccanismi di tariffazione additivi: servizi passeggeri (a sinistra) e merci (a destra).  
*Figure 6 - Additive Charging Mechanisms: passenger (left) and freight (right) services.*

più convenienti per i passeggeri. Nel settore dei servizi di trasporto merci, i Paesi Bassi sono in testa con il TAC più elevati, mentre la Spagna si distingue per offrire le opzioni meno costose per il trasporto merci. In particolare, la struttura tariffaria della Spagna è fortemente focalizzata a favorire il trasporto merci. L'effetto dell'elettrificazione è particolarmente rilevante in Francia, mentre è trascurabile in Italia.

#### 4.4. Intensità del traffico su reti interessate

Per valutare approfonditamente l'efficacia e le conseguenze dei diversi sistemi di tariffazione è stata effettuata un'analisi approfondita dell'intensità del traffico e dell'utilizzo dei treni nelle diverse reti. L'intensità del traffico passeggeri è stata misurata dal rapporto tra treni-km e dimensione della rete, mentre l'intensità del traffico merci è stata misurata dal rapporto tra t-km lorde e dimensione della rete. Questo approccio analitico offre una comprensione completa di come le diverse strutture di tariffazione incidono su questi parametri. I risultati di questa analisi sistematica, illustrati nelle Fig. 7 e Fig. 8, forniscono preziose informazioni sulle dinamiche dell'utilizzo ferroviario all'interno di diversi quadri di tariffazione.

Per i servizi passeggeri, i Paesi Bassi sono in testa con il maggior volume di treni-km (milioni) per km di rete, seguiti da vicino da Danimarca e Regno Unito. Questi paesi operano frequenti servizi passeggeri sulla loro rete. Al contrario, Svezia, Ungheria e Repubblica Ceca presentano i valori più bassi di densità di traffico. Ciò potrebbe dipendere da fattori quali la densità di popolazione (per la Svezia) o da servizi meno attrattivi rispetto a modalità di trasporto alternative. All'interno di questo gruppo, l'effetto del TAC più basso a carico dell'IF sembra avere un ruolo solo nel Regno Unito. Inoltre, emerge la necessità di considerare fattori aggiuntivi, oltre la lunghezza della rete, per indagare l'effetto incrociato tra i meccanismi dei TAC e l'intensità del traffico. I fattori di utilizzo del territorio, come la distribuzione della popolazione all'interno

gauged by the ratio between train-km and network's size, while freight traffic intensity has been measured by the ratio between gross t-km and network's size. This analytical approach offers a comprehensive understanding of how different charging structures impact these parameters. The findings of this systematic analysis, illustrated in Fig. 7 and Fig. 8, yield valuable insights into the dynamics of railway usage within different charging frameworks.

For passenger services, the Netherlands leads with the highest volume of train-km (million) per km of network, closely followed by Denmark and the United Kingdom. These countries operate frequent passenger services on their network. Conversely, Sweden, Hungary, and Czechia present the lowest values of traffic density. This might depend on factors such as population density (for Sweden) or less attractive services in comparison to alternative transport modes. Within this group, the effect of the cheapest TAC to be paid by the RU seems to play a role in the United Kingdom only. Moreover, it emerges the need to consider additional factors, beyond the length of the network to investigate the cross-effect between TAC mechanisms and traffic intensity. Land use factors, such as the distribution of the population within the national territories, as well as the central or peripheral position within the European network should be considered for deeper analysis.

Regarding freight services, the United Kingdom shows the highest value, followed by Austria. These countries operate intensively in the field of freight services. Conversely, Denmark, Norway, and Sweden exhibit lower values, suggesting comparatively less freight transport density, mainly due to the low density of population as well as industrial and commercial activity concentrated in restricted areas. Within this group, the effect of the cheapest TACs to be paid by the RU seems to play an attractive role both for Austria and the United Kingdom, as well as for Spain too. Once more, the analysis emphasizes the importance of considering factors beyond just the length of the railway network when evaluating freight transportation. Macro-economic factors, such as the robustness of the industrial and trade sectors, as well as geographical factors, such as the concentration or the di-

## POLITICA E ECONOMIA

dei territori nazionali, così come la posizione centrale o periferica all'interno della rete europea dovrebbero essere considerati per un'analisi più approfondita.

Per quanto riguarda i servizi merci, il Regno Unito presenta il valore più alto, seguito dall'Austria. Questi paesi operano intensamente nel campo dei servizi di trasporto merci. Al contrario, Danimarca, Norvegia e Svezia mostrano valori più bassi, suggerendo una densità di trasporto merci comparativamente inferiore, principalmente a causa della bassa densità di popolazione e dell'attività industriale e commerciale concentrata in aree ristrette. All'interno di questo gruppo, l'effetto dei TAC più bassi a carico dell'IF sembra svolgere un ruolo interessante sia per l'Austria che per il Regno Unito, nonché per la Spagna. Ancora una volta, l'analisi sottolinea l'importanza di considerare fattori che vanno oltre la semplice lunghezza della rete ferroviaria nella valutazione del trasporto merci. I fattori macroeconomici, come la robustezza dei settori industriale e commerciale, così come i fattori geografici, come la concentrazione o la dispersione delle attività economiche, e la posizione centrale o periferica all'interno della rete europea dovrebbero essere considerati per un'analisi più approfondita.

### 5. Conclusioni

L'analisi completa delle dichiarazioni delle reti di vari paesi europei ha prodotto spunti rilevanti sull'intricata connessione tra gestione dell'infrastruttura, sistemi di tariffazione e quadri normativi all'interno del settore ferroviario. Questa esplorazione è della massima importanza, considerando il ruolo fondamentale che la rete ferroviaria europea svolge nel facilitare i trasporti e nel potenziare le infrastrutture economiche in tutto il continente. La comprensione derivante da questo approccio, sebbene ad alto livello, potrebbe essere importante per i politici e le parti interessate coinvolte nello sviluppo e nell'ottimizzazione del settore ferroviario.

Mentre ogni paese mostra le sue caratteristiche ferroviarie uniche e affronta sfide distinte, visioni condivise perseguitano una maggiore efficienza e sostenibilità in una visione transfrontaliera naturale. Ciò sottolinea la necessità di promuovere iniziative di armonizzazione volte a creare una rete ferroviaria europea unificata e in-

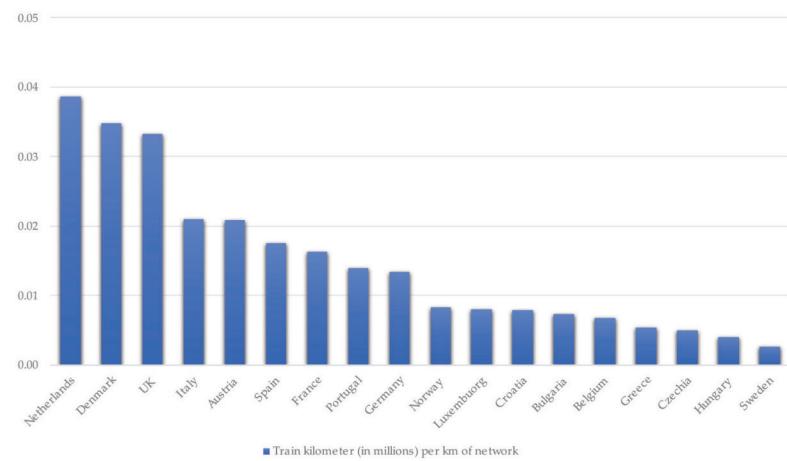


Figura 7 - Intensità del traffico passeggeri.

Figure 7 - Passenger traffic intensity.

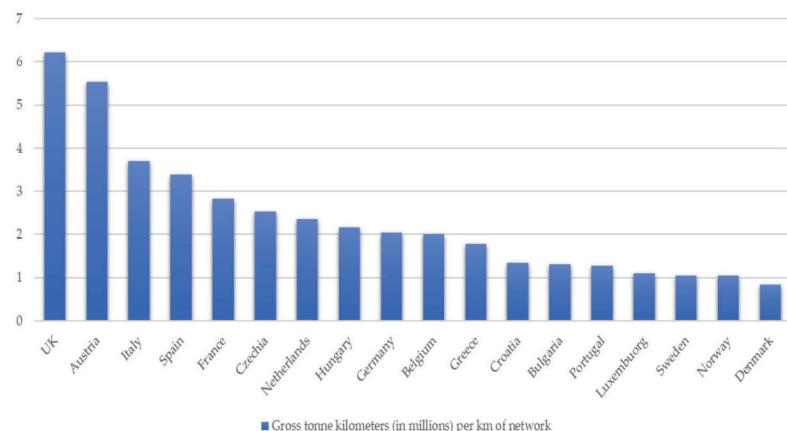


Figura 8 - Carico della rete merci.

Figure 8 - Freight network load.

spersion of the economic activities, and the central or peripheral position within the European network should be considered for deeper analysis.

### 5. Conclusions

The comprehensive analysis of network statements from various European countries has yielded relevant insights into the intricate connection of infrastructure management, charging systems, and regulatory frameworks within the railway industry. This exploration is of utmost importance, considering the pivotal role that Europe's rail network plays in facilitating transportation and boosting economic infrastructure across the continent. The understanding derived from this approach, though at high level, could be important for policymakers and stakeholders involved in the development and optimization of the railway sector.

## POLITICA E ECONOMIA

terconnessa in un delicato equilibrio tra standardizzazione e adattamento alle condizioni e ai bisogni del mercato locale.

In questo contesto, i risultati di questa ricerca dedicata a svelare le complessità del TAC mediante rigorose metodologie qualitative e quantitative potrebbero essere utili per comprendere meglio gli effetti di questi meccanismi e creare una conoscenza consolidata per direzionare il loro utilizzo e dare priorità a obiettivi quali adattabilità, inclusività e sostenibilità ambientale. Tuttavia, lo sforzo non è privo di sfide a causa delle limitazioni derivanti dalla scarsa disponibilità di dati in vari paesi e dalla necessità di focalizzare meglio le ipotesi e delineare i parametri chiave per aumentare la robustezza e la generalizzazione dei risultati.

Pertanto, i futuri sforzi di ricerca potrebbero essere rivolti all'approfondimento dello sviluppo di una strategia di tariffazione armonizzata. La raccolta di dati in tempo reale potrebbe servire a convalidare e arricchire i risultati esistenti, migliorandone così la pertinenza e l'applicabilità. Nonostante le molteplici sfide inerenti al perfezionamento del TAC, uno sforzo concertato verso la standardizzazione ha il potenziale per far avanzare in modo significativo la creazione di uno spazio ferroviario europeo unico (SERA) con soluzione di continuità.

In questa direzione, esplorando le complessità del TAC, emergono alcune raccomandazioni generali. Queste includono la promozione della coerenza transfrontaliera per semplificare le operazioni ferroviarie internazionali, l'incentivazione di pratiche ecocompatibili e l'utilizzo nelle ore non di punta per alleviare la congestione, nonché lo sfruttamento dell'integrazione tecnologica e dell'analisi in tempo reale per facilitare l'alimentazione di modelli solidi per interpretare la realtà a favore di una maggiore efficienza e sostenibilità.

*While each country exhibits its unique set of railway features and navigates through distinct challenges, shared visions pursuit to enhanced efficiency and sustainability in a natural cross-border vision. This underscores the necessity of fostering harmonization initiatives aimed at creating a unified and interconnected European rail network in a delicate balance between standardization efforts and accommodation of local market conditions and needs.*

*In this context, the results of this ongoing research dedicated to unravelling the complexities of TAC mechanisms by rigorous qualitative and quantitative methodologies could be useful to better understanding the effects of these mechanisms and to create a consolidated knowledge to pilot towards their use to prioritize objectives, such as adaptability, inclusivity, and environmental sustainability. Nonetheless, the endeavour is not without its challenges due to limitations stemming from sparse data availability across various countries and the need to better focus key assumptions for key parameters to increase the robustness of the results and the generalizability of the findings.*

*Therefore, future research endeavours could delve deeper into the development of a harmonized charging strategy. Real-time data collection could serve to validate and enrich the existing findings, thereby enhancing their relevance and applicability. Despite the multifaceted challenges inherent in refining TAC frameworks, a concerted effort toward standardization holds the potential to significantly advance the establishment of a seamless Single European Railway Area (SERA).*

*In this direction, the navigation through the complexities of TAC frameworks, some overarching recommendations emerge. These include promoting cross-border consistency to streamline international rail operations, incentivizing eco-friendly practices and off-peak utilization to alleviate congestion, as well as leveraging technological integration and real-time analytics to make easier the feeding of robust models to interpretate the reality in favour of higher efficiency and sustainability.*

### BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] UIC (2023), "UIC Railway Statistics Synopsis" – Paris, 2023.
- [2] Bošković B., Bugarinović M., Savić G., Djurić R. (2021), "Challenges of track access charges model redesign" – Sustainability, 2021, 13-24 (DOI: 10.3390/su132413512).
- [3] Kopp M. (2015) , "Track access charges in EU, Railway Costing & Pricing"- UIC, 2015.
- [4] Bošković B., Bugarinović M. (2015), "Why and how to manage the process of liberalization of a regional railway market: South-Eastern European case study" - Transport Policy, 41, 2015, 50-59.
- [5] NASH C. (2005), "Rail Infrastructure Charges in Europe - Journal of Transport Economics and Policy", 39, 3, 2005, 259-278.
- [6] Abderrahman A.A., Eliasson J. (2019), "Railway Capacity Allocation: A Survey of Market Organizations, Allocation Processes and Track Access Charges" - VTI Working Paper, 2019:1.
- [7] Bošković B., Bugarinović M., Bojović N. (2022), "How to design track access charges for small railways: a case study Montenegro" - Promet Traffic & Transport, 34, 4, 2022, 631-642.
- [8] OECD (2019), "Efficiency in Railway Operations and Infrastructure Management" - International Transport Forum, Roundtable 177, Paris, 2019.

## POLITICA E ECONOMIA

- [9] CIUFFINI F., RICCI S., SITONGIA G.R. (2012), "Track access charge algorithms in EU railways: A dynamic benchmarking" - 2<sup>nd</sup> International Conference on Road and Rail Infrastructure, CETRA 2012, Dubrovnik, 2012, 161-168.
- [10] ARRIGO U., DI FOGGIA G. (2014), "Theoretical and viable charging models for railway infrastructure access: a European survey" - Management research and practice, 6, 2, 2014, 5-24.
- [11] MALAVASI G., RICCI S., RIZZETTO L., ROTOLI F., VALERI E. (2019), "Potential effects of changes in the Italian railway access charge regime on passenger services" - Ingegneria Ferroviaria, 3, 2019, 183-206 (ISSN: 0020-0956).
- [12] GIOVINE V., DI VECE M. (2009), "European Performance Regime" - Ingegneria Ferroviaria, 9, 2009, 773-789 (ISSN: 0020-0956).
- [13] IEA, UIC (2017), "Handbook 2017. Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions" - Paris, 2017 (ISBN: 2-7461-2662-6).

Pubblicata dal CIF un'edizione speciale  
della Rivista "La Técnica Profesional"  
(Riedizione dei contenuti del numero di settembre 2009 della Rivista)

### LA MUSEOGRAFIA FERROVIARIA IL MUSEO DI PIETRARA E L'INAUGURAZIONE DELLA PRIMA FERROVIA ITALIANA (1839)

#### INDICE

- Introduzione
- 3 ottobre 1839 - Il Centenario della prima ferrovia Italiana
- La museografia ferroviaria prima di Pietrarsa
- Le officine di Pietrarsa
- Il museo di Pietrarsa e i musei viventi
- Le locomotive esposte al museo di Pietrarsa

Una pubblicazione di 56 pagine a colori formato 21x27.  
Prezzo di copertina € 11,00. Per sconti, spese di spedizione e  
modalità di acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pub-  
blicazioni CIF" sempre presente nella Rivista.

### LA MUSEOGRAFIA FERROVIARIA IL MUSEO DI PIETRARA E L'INAUGURAZIONE DELLA PRIMA FERROVIA ITALIANA (1839)



Edizione speciale della rivista "La Técnica Profesional"



Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani