



**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea Ingegneria Gestionale

A.a. 2024/2025

Sessione di Laurea Ottobre 2025

# **Pricing variabile dei pedaggi autostradali**

Verso una mobilità più efficiente e sostenibile

Relatori:

Carlo Cambini

Candidati:

Giorgia Ponti

## RINGRAZIAMENTI

---

*Desidero ringraziare innanzitutto il Professor Cambini, relatore di questa tesi, per i preziosi consigli e per la dedizione dimostrata durante tutto il percorso di stesura.*

*Un sentito ringraziamento va anche a tutto il personale dell'Autorità con cui ho avuto modo di interagire assorbendo spunti utili per la realizzazione di questo lavoro.*

*Il mio pensiero più profondo va ai miei genitori e ai miei nonni, per il costante sostegno economico, emotivo e morale che non mi hanno mai fatto mancare.*

*Ringrazio con affetto i miei amici fuorisede, per i momenti di condivisione, le risate e per aver saputo alleggerire il carico settimanale con tante serate spensierate.*

*Un grazie speciale va a Margherita, mia compagna di viaggio, di casa e di università, con cui ho condiviso gioie, ansie, dispiaceri e momenti indelebili.*

*A Martina, che, nonostante la distanza, mi ha sempre sostenuta e aiutata ad affrontare i momenti di fragilità, va la mia profonda riconoscenza.*

*Ringrazio Veronica, che mi somiglia in tutto e che mi ha sempre incoraggiata, credendo nelle mie potenzialità e appoggiando tutte le mie scelte, anche le più ardite.*

*Ringrazio il mio fidanzato Riccardo, che con pazienza e affetto mi ha accompagnata in questo percorso, affrontando insieme a me le difficoltà e condividendo ogni traguardo raggiunto.*

*Infine, un grazie speciale va a mia sorella Gloria che non ha mai smesso di sostenermi e dimostrarmi amore da 25 anni a questa parte.*

## ABSTRACT

---

La presente tesi affronta il tema della regolazione tariffaria nel settore autostradale, con l'obiettivo di sviluppare un modello variabile per la determinazione e l'aggiornamento delle tariffe applicate dai concessionari. Il lavoro è stato realizzato in coordinamento con un tirocinio formativo presso l'Autorità di Regolazione dei Trasporti (ART), che ha consentito di approfondire in modo diretto e operativo le dinamiche economiche e regolatorie legate alla gestione delle concessioni autostradali.

L'attività ha permesso di consolidare competenze pratiche nell'analisi dei dati, nella costruzione e nell'utilizzo di strumenti digitali a supporto dei processi decisionali, nonché nella lettura critica della documentazione normativa e istituzionale.

Dopo aver introdotto il problema della congestione e i relativi costi sociali ed economici, nell'elaborato di tesi è stata analizzata la *Voice of Customer* attraverso delle interviste e un questionario, finalizzati a individuare i principali incentivi in grado di indurre gli utenti a modificare il proprio itinerario. Successivamente, è stato sviluppato un modello di tariffazione variabile basato sulle diverse fasce orarie, per il quale sono state proposte differenti soluzioni di implementazione. Infine, l'analisi è stata arricchita con lo studio di un campione di 39 caselli di uscita autostradali distribuiti sull'intero territorio nazionale, con l'obiettivo di ricavare ulteriori evidenze utili all'applicazione del modello, quali l'individuazione dei giorni della settimana caratterizzati dai più elevati livelli di congestione o i caselli del campione maggiormente interessati dal traffico.

## INDICE

---

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ringraziamenti .....                                                            | 2  |
| Abstract.....                                                                   | 3  |
| Indice .....                                                                    | 4  |
| Lista delle figure.....                                                         | 7  |
| Lista delle tabelle .....                                                       | 9  |
| Abbreviazioni .....                                                             | 10 |
| 1 Introduzione.....                                                             | 12 |
| 1.1 Contesto.....                                                               | 12 |
| 2 Inquadramento generale del settore autostradale italiano .....                | 14 |
| 2.1 Natura e necessità delle concessioni autostradali .....                     | 14 |
| 2.2 Il regime concessorio in Italia.....                                        | 15 |
| 2.3 Struttura del settore autostradale.....                                     | 15 |
| 2.3.1 L'infrastruttura e gli attori principali .....                            | 15 |
| 2.3.2 Analisi sulla concentrazione di mercato .....                             | 17 |
| 2.3.3 Eterogeneità del panorama autostradale italiano .....                     | 21 |
| 2.3.4 Analisi del traffico autostradale .....                                   | 23 |
| 2.3.5 Ricavi, investimenti e costi di manutenzione nella rete autostradale .... | 25 |
| 3 Evoluzione della regolazione tariffaria e governance del settore .....        | 30 |
| 3.1 Cenni storici .....                                                         | 30 |
| 3.2 Dalla regolazione cost-of-service al Price Cap.....                         | 31 |
| 3.3 La nascita dell'ART e la riforma tariffaria unificata .....                 | 33 |
| 4 Quadro teorico e concettuale.....                                             | 36 |

|       |                                                                                |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1   | Modelli esistenti .....                                                        | 36 |
| 4.2   | Strategie di tariffazione variabile .....                                      | 36 |
| 4.2.1 | Vantaggi e sfide della tariffazione variabile.....                             | 37 |
| 4.2.2 | Limiti della tariffazione variabile.....                                       | 38 |
| 4.3   | Gestione del traffico e impatti della congestione .....                        | 39 |
| 4.3.1 | Velocità di viaggio e mancanza di affidabilità .....                           | 39 |
| 4.3.2 | Consumo di carburante e congestione: un legame critico .....                   | 39 |
| 4.3.3 | Incidenti stradali, costi sociali e ruolo della gestione del traffico .....    | 40 |
| 4.4   | L'accettabilità pubblica della tariffazione della congestione .....            | 41 |
| 4.4.1 | Abitudini consolidate.....                                                     | 42 |
| 4.4.2 | Percezione della necessità .....                                               | 43 |
| 4.4.3 | Determinazione politica .....                                                  | 43 |
| 4.4.4 | Disponibilità di trasporti alternativi.....                                    | 44 |
| 4.4.5 | Partecipazione dei cittadini.....                                              | 44 |
| 4.4.6 | Infrastruttura tecnologica e tutela della privacy .....                        | 44 |
| 4.4.7 | Percezione dell'uso dei fondi.....                                             | 45 |
| 4.5   | Percezione di ingiustizia, equità e sostenibilità sociale .....                | 45 |
| 4.6   | Raccolta dei proventi e destinazione dei fondi .....                           | 46 |
| 4.7   | Transizione ecologica e riduzione della dipendenza dal petrolio .....          | 47 |
| 5     | Elasticità della domanda e implicazioni per le politiche di tariffazione ..... | 51 |
| 5.1   | Costo medio e costo sociale marginale.....                                     | 51 |
| 5.2   | Aspetti strutturali della domanda di mobilità su gomma .....                   | 54 |
| 5.3   | Elasticità e tipologie di pedaggio: fisso vs variabile .....                   | 58 |

|       |                                                                                                           |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3.1 | Evidenze empiriche sull'elasticità della domanda rispetto ai pedaggi variabili                            | 60  |
| 6     | Il caso studio.....                                                                                       | 62  |
| 6.1   | Analisi preliminari.....                                                                                  | 62  |
| 6.2   | Origine e basi del modello sviluppato.....                                                                | 63  |
| 6.3   | Il modello di First Best.....                                                                             | 66  |
| 6.3.1 | Prima soluzione: App Choose&Cruise.....                                                                   | 71  |
| 6.3.2 | Seconda soluzione: semplificazione del processo .....                                                     | 72  |
| 6.4   | Un ulteriore step di analisi.....                                                                         | 74  |
| 6.5   | Ultimo step di analisi.....                                                                               | 79  |
| 7     | Considerazioni finali .....                                                                               | 85  |
| 7.1   | Gestione degli eventuali extraprofitti.....                                                               | 85  |
| 7.2   | Conclusioni.....                                                                                          | 86  |
| 8     | Approfondimento tematico su un aspetto collaterale: il servizio Cashback di Autostrade per l'Italia ..... | 88  |
| 9     | Appendice A – Funzione di costo e determinazione del fattore X nel Price Cap ...                          | 91  |
| 10    | Appendice B – Fattori di input impiegati nei sei regimi tariffari pre-2019 .....                          | 93  |
| 11    | Appendice C- Risultati completi dell'analisi effettuata .....                                             | 95  |
| 12    | Appendice D- Risultati del questionario sugli incentivi .....                                             | 97  |
| 13    | Bibliografia.....                                                                                         | 101 |

## **LISTA DELLE FIGURE**

---

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Sviluppo della rete autostradale italiana.....                                                                           | 16 |
| Figura 2: Composizione dei Gruppi Autostradali operanti in Italia. ....                                                            | 18 |
| Figura 3: Analisi della concentrazione di mercato.....                                                                             | 19 |
| Figura 4: Ripartizione tra tratte di montagna-pianura della rete autostradale per concessionario autostradale (anno 2022). ....    | 21 |
| Figura 5: Stazioni di esazione e porte sulla rete autostradale italiana a pagamento anno 2022. ....                                | 22 |
| Figura 6: Composizione del parco veicolare italiano immatricolato anno 2022. ....                                                  | 23 |
| Figura 7: Traffico sulla rete autostradale italiana a pagamento anni 2018-2022.....                                                | 24 |
| Figura 8: Ricavi lordi da pedaggio nelle autostrade per macro-tipologia di veicolo (2018-2022). ....                               | 27 |
| Figura 9: Evoluzione della spesa per manutenzioni ordinarie (2018-2022).....                                                       | 27 |
| Figura 10: Evoluzione della spesa per investimenti (2018-2022). ....                                                               | 28 |
| Figura 11: Evoluzione cantieri su rete autostradale (nuove opere e manutenzione straordinaria, 2018-2021). ....                    | 28 |
| Figura 12: Città che avevano intenzione di implementare o avevano già adottato una modulazione tariffaria variabile nel 2020. .... | 37 |
| Figura 13: Fattori chiave che incidono sull'accettabilità pubblica delle politiche di tariffazione della congestione.....          | 42 |
| Figura 14: Impatto della Congestion Charge sul traffico nella zona dove è attiva. ....                                             | 43 |

---

|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 15: Grafico a barre che mette a confronto l'approvvigionamento di gas all'UE dai suoi principali partner nel 2021 e nel 2024.....                | 49  |
| Figura 16: Mappa ad albero che indica le quote e i valori di mercato (in miliardi di m <sup>3</sup> ) per i vari fornitori di gas all'UE nel 2024. .... | 50  |
| Figura 17: Prezzo ottimale della domanda di trasporto.....                                                                                              | 52  |
| Figura 18: Componenti dell'elasticità della domanda di trasporto autostradale. ....                                                                     | 54  |
| Figura 19: Valore relativo per tipologia di viaggio. ....                                                                                               | 57  |
| Figura 20: Esempio della prima pagina del questionario utilizzato durante la fase di indagine preliminare. ....                                         | 62  |
| Figura 21: Interfaccia Excel del modello sviluppato-calcolo del differenziale. ....                                                                     | 67  |
| Figura 22: Ipotesi di volume atteso per ogni ora e rispettivo differenziale tariffario. .                                                               | 68  |
| Figura 23: Interfaccia Excel del modello sviluppato-disaggregazione per fasce orarie e composizione della tariffa finale. ....                          | 70  |
| Figura 24: Soluzione di second best. ....                                                                                                               | 73  |
| Figura 25: Andamento del traffico relativo ai veicoli leggeri. ....                                                                                     | 78  |
| Figura 26: Livello medio di traffico leggero per ogni casello oggetto di analisi in ordine decrescente. ....                                            | 84  |
| Figura 27: Interfaccia App Muovy. ....                                                                                                                  | 89  |
| Figura 28: : Interfaccia Stata-risultato regressione lineare.....                                                                                       | 95  |
| Figura 29: Effetto marginale del venerdì per ogni casello del campione.....                                                                             | 96  |
| Figura 30: Risultati del questionario proposto in fase preliminare.....                                                                                 | 100 |



## **LISTA DELLE TABELLE**

---

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabella 1: Concessionari autostradali e km di rete gestiti.....                                                                | 17 |
| Tabella 2 : Confronto finale dei vari studi. ....                                                                              | 58 |
| Tabella 3: Confronto finale dei vari studi sull'elasticità rispetto ai pedaggi variabili nel tempo.....                        | 61 |
| Tabella 4: Risultato regressione lineare. ....                                                                                 | 77 |
| Tabella 5: Effetto marginale del venerdì per ogni casello del campione. ....                                                   | 82 |
| Tabella 6: Fattori di input per la determinazione del Price Cap nei sei regimi tariffari italiani operanti prima del 2019..... | 93 |

## ABBREVIAZIONI

---

**AAA** = Autostrade Alto Adriatico

**ALPR** = Automatic License Plate Recognition

**ANAS** = Azienda Nazionale Autonoma delle Strade

**APL** = Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.

**ART** = Autorità di Regolazione dei Trasporti

**ASPI** = Autostrade per l'Italia

**ASTM** = Autostrada Torino-Milano

**AT-CN** = Autostrada Asti-Cuneo

**ATIVA** = Autostrada Torino Ivrea Valle d'Aosta

**BS-VR-VI-PD** = Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova S.p.A.

**CAL** = Consiglio delle Autonomie Locali

**CAS** = Consorzio Autostrade Siciliane

**CAV** = Concessioni Autostradali Venete S.p.A.

**CIN** = Capitale Investito Netto

**CIPE** = Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica

**CR4** = Concentration Ratio

**DGSVCA** = Direzione Generale per le Autostrade e la Vigilanza sui Contratti di  
Concessione Autostradale

**ERP** = Electronic Road Pricing

**GNSS** = Global Navigation Satellite System

**HHI** = Herfindahl-Hirschman Index

**LSEG** = London Stock Exchange Group

**LTA** = Land Transport Authority

**MIT** = Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

**NGSIM** = Next Generation Simulation

**PEF** = Piani Economici-Finanziari

**RAV** = Raccordo Autostradale Valle d'Aosta S.p.A.

**SAT** = Società Autostrada Tirrenica S.p.A.

**SATAP A21** = Società Autostrada Torino-Alessandria-Piacenza S.p.A.

**SATAP A4** = Società Autostrada Torino-Milano S.p.A.

**SAV** = Società Autostrade Valdostane S.p.A.

**SDP** = Società di Progetto Tangenziale Esterna S.p.A.

**SFA** = Stochastic Frontier Analysis

**SITAF** = Società Italiana Traforo Autostradale del Frejus S.p.A.

**SITMB** = Società Italiana Traforo del Monte Bianco S.p.A.

**SITRASB** = Società italiana Traforo Gran San Bernardo S.p.A.

**SPN** = Autostrada Salerno Pompei Napoli S.p.A.

**TaNA** = Tangenziale di Napoli S.p.A.

**TE** = Tangenziale Esterna S.p.A.

**VMT** = Vehicle Miles Travelled

**WACC** = Weighted Average Cost of Capital

# **1 INTRODUZIONE**

---

## **1.1 CONTESTO**

Nel contesto urbano contemporaneo, la congestione del traffico rappresenta una delle principali criticità da affrontare. Essa si manifesta con la riduzione della velocità di circolazione e un aumento del numero di veicoli che supera la capacità delle infrastrutture stradali, provocando conseguenze significative sia in termini ambientali sia sociali. Questo fenomeno, particolarmente diffuso nelle aree metropolitane e lungo le principali arterie stradali, incide negativamente sulla qualità dell'aria, sui tempi di percorrenza e sulla prevedibilità degli spostamenti, influenzando non solo la mobilità privata ma anche il trasporto merci.

Tradizionalmente, l'ampliamento della rete viaria è stato considerato come una possibile soluzione. Tuttavia, numerose evidenze dimostrano come questa strategia tenda ad aumentare il numero complessivo di chilometri percorsi dai veicoli (VMT), aggravando così il problema. In risposta, una tariffazione incentivante ben progettata si pone come una strategia efficace per gestire la domanda di traffico, promuovere una mobilità più sostenibile e attenuare le esternalità negative del trasporto su strada. Questo approccio si basa sull'introduzione di un costo per l'uso delle infrastrutture stradali nei periodi o nelle aree più congestionate, incentivando comportamenti alternativi come l'utilizzo dei mezzi pubblici o l'adozione di orari di viaggio diversi.

Diversi esempi reali, come la SR-91 in California, il sistema ERP di Singapore, la Congestion Charging di Londra e il sistema introdotto a Stoccolma, hanno confermato l'efficacia di queste politiche nel migliorare le condizioni di traffico e ridurre l'inquinamento, tuttavia, il panorama italiano mostra ancora un'insufficienza di studi dedicati a nuove proposte di tariffazione della congestione.

Questa tesi si colloca in tale contesto con l'obiettivo di valutare la fattibilità dell'introduzione di un sistema di tariffazione variabile legato ai livelli di congestione, con l'intento di affrontare in modo efficace questo fenomeno. L'analisi mira a individuare un equilibrio tra l'interesse degli utenti e quello delle concessionarie autostradali, promuovendo al tempo stesso un utilizzo più razionale e disciplinato dell'infrastruttura, così che tutti gli attori coinvolti possano trarne beneficio.

Le principali domande che guidano il lavoro sono:

È possibile progettare una strategia di tariffazione potenzialmente capace di adattarsi alle condizioni di traffico?

In che misura tale strategia può contribuire a ottimizzare i flussi veicolari?

Qual è la disponibilità a pagare degli utenti per evitare la congestione stradale o ridurre i tempi di percorrenza?

In che modo una tariffazione incentivante può influenzare le scelte modali degli utenti, incentivando lo spostamento dal mezzo privato al trasporto pubblico o ad altre modalità sostenibili?

## **2 INQUADRAMENTO GENERALE DEL SETTORE AUTOSTRADALE ITALIANO**

---

### **2.1 NATURA E NECESSITÀ DELLE CONCESSIONI AUTOSTRADALI**

La gestione e lo sviluppo delle infrastrutture autostradali rappresentano attività di fondamentale rilevanza strategica per il sistema dei trasporti nazionale, caratterizzate da elevati costi iniziali, lunghi tempi di realizzazione e una forte dipendenza da dinamiche di domanda nel medio-lungo periodo. In tale contesto, lo strumento della concessione emerge come una modalità di partenariato pubblico-privato idonea a garantire la sostenibilità finanziaria e la continuità gestionale delle reti.

La concessione è un contratto di lungo termine che definisce gli obblighi e i diritti delle parti coinvolte, lo Stato (concedente) e il gestore (concessionario), in merito alla costruzione, manutenzione, gestione e in molti casi anche alla tariffazione del servizio autostradale.

Il settore autostradale rientra tra i cosiddetti monopoli naturali, configurazione in cui risulta inefficiente o impraticabile l'esistenza di più operatori concorrenti. Tale condizione è dovuta principalmente alle economie di scala, ai costi fissi molto elevati, alla scarsità del suolo disponibile, nonché alla necessità di una rete infrastrutturale capillare, continua e integrata. In presenza di un unico fornitore, tuttavia, emergono i tipici fallimenti di mercato: il monopolista tende a massimizzare i profitti fissando prezzi superiori al costo marginale, con conseguenti inefficienze allocative e produttive. Tali distorsioni giustificano la necessità di una regolazione pubblica, volta a limitare i comportamenti opportunistici e a tutelare l'interesse collettivo.

Dal punto di vista dell'efficienza dinamica, il giudizio è più articolato. Da un lato, la prospettiva di profitti elevati garantita dalla posizione di monopolio può incoraggiare gli investimenti in manutenzione e innovazione; dall'altro, l'assenza di concorrenza può disincentivare la ricerca di efficienza e spingere i gestori a perseguire rendimenti nel breve periodo.

In ragione di tali criticità, si rende necessario un apparato regolatorio che agisca sui prezzi, sulla qualità del servizio e sugli incentivi agli investimenti, definendo criteri trasparenti e stabili che consentano il monitoraggio e l'adattamento del rapporto concessorio nel tempo.

## **2.2 IL REGIME CONCESSIONARIO IN ITALIA**

Il quadro giuridico delle concessioni autostradali in Italia si è sviluppato in modo stratificato e disomogeneo. Ad oggi, la gestione della rete è suddivisa tra concessionari privati (i principali sono ASPI, il gruppo Gavio e il gruppo Fininc), concessionari pubblici o misti e la gestione diretta da parte di ANAS, per circa 955 km di rete non soggetta a pedaggio.

Il modello concessorio prevale nettamente: oltre l'85% della rete è gestito tramite concessioni a pedaggio. Solo il 13% è di competenza statale e privo di tariffazione diretta agli utenti. Le concessioni rappresentano quindi uno strumento cardine per garantire la continuità operativa del sistema autostradale nazionale, ma pongono una serie di questioni critiche sul piano dell'efficienza allocativa, della governance pubblica e della trasparenza nella determinazione delle tariffe.

La natura ibrida delle concessioni, a metà tra la costruzione di nuove infrastrutture e la gestione continuativa del servizio, rende particolarmente delicata la definizione del regime regolatorio. Infatti, i costi sono generalmente coperti dai pedaggi, ma la loro determinazione è stabilita in sede amministrativa, e non liberamente dal gestore. Inoltre, i principali concessionari appartengono spesso a gruppi societari integrati verticalmente, che comprendono imprese di costruzione e progettazione, rendendo cruciale un sistema di controllo efficace per evitare fenomeni di "doppia remunerazione".

## **2.3 STRUTTURA DEL SETTORE AUTOSTRADALE**

### **2.3.1 L'infrastruttura e gli attori principali**

La rete autostradale italiana si compone di tratti affidati in gestione dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e da Concessioni Autostradali Lombarde S.p.A. a 26 concessionari, per un totale di 6.098,8 km, oltre a 938,7 km gestiti direttamente da ANAS S.p.A. (parte del gruppo Ferrovie dello Stato Italiane). L'estensione complessiva della rete autostradale nazionale ammonta quindi a 7.037,5 km.

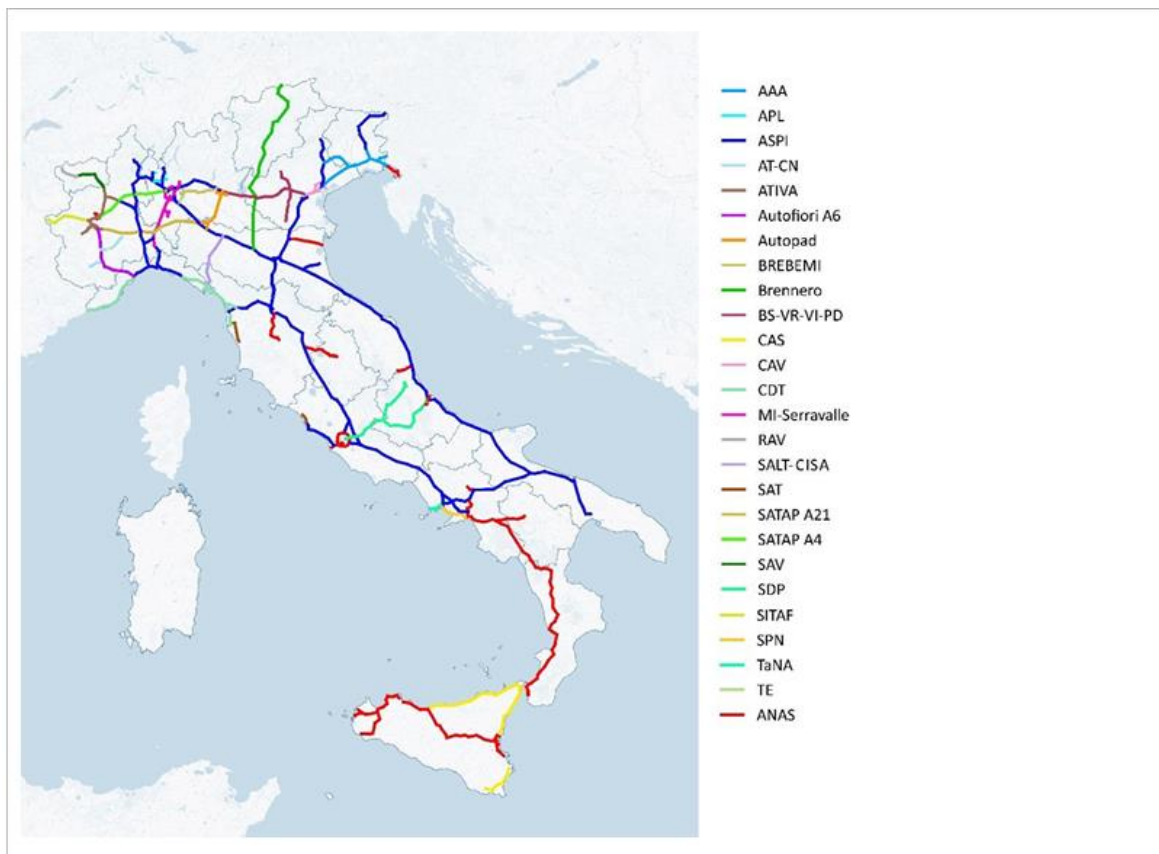
Tra i principali gestori spicca Autostrade per l'Italia S.p.A., che da sola amministra circa il 41% dell'intera rete. La rete gestita da ANAS S.p.A., concentrata prevalentemente nel Centro-Sud del Paese, rappresenta oltre il 13% del totale. Seguono altri soggetti, tra cui

Autostrada del Brennero S.p.A., che detiene una quota pari al 4,5%, equivalente a poco più di un decimo della rete gestita da ASPI.

Vi sono poi dieci concessionarie che gestiscono meno dell'1% della rete, come Tangenziale di Napoli S.p.A., titolare della concessione più breve, e le società responsabili dei trafori internazionali: la Società Italiana per il Traforo del Gran San Bernardo S.p.A. e la Società Italiana per il Traforo del Monte Bianco S.p.A.

A completamento di questo quadro, si riportano:

- **Figura 1**: lo sviluppo della rete autostradale in Italia suddiviso per convenzione;
- **Tabella 1**: i concessionari autostradali nel 2024 e la relativa estesa gestita.



*Figura 1: Sviluppo della rete autostradale italiana.  
Fonte: database ART.*



| Società concessionarie |               | km di rete in esercizio |
|------------------------|---------------|-------------------------|
| 1                      | ASPI          | 2.854,6                 |
| 2                      | ANAS (a)      | 938,7                   |
| 3                      | BRENNERO      | 314,1                   |
| 4                      | SATAP (b)     | 291,9                   |
| 5                      | SDP           | 281,4                   |
| 6                      | CDT           | 278,8                   |
| 7                      | BS-VR-VI-PD   | 235,6                   |
| 8                      | CAS (c)       | 303,8                   |
| 9                      | ATIVA (b)     | 218,0                   |
| 10                     | AAA           | 210,1                   |
| 11                     | MI-SERRAVALLE | 179,1                   |
| 12                     | AUTOFIORI     | 132,0                   |
| 13                     | AUTOPAD       | 102,3                   |
| 14                     | SALT - CISA   | 101,0                   |
| 15                     | SITAF (d)     | 84,5                    |
| 16                     | CAV           | 74,7                    |
| 17                     | SAV           | 67,4                    |
| 18                     | BREBEMI       | 62,1                    |
| 19                     | AT-CN         | 55,7                    |
| 20                     | SAT           | 54,6                    |
| 21                     | SPN           | 51,6                    |
| 22                     | APL           | 41,5                    |
| 23                     | TE            | 32,8                    |
| 24                     | RAV           | 32,4                    |
| 25                     | TANA          | 20,2                    |
| 26                     | SITRASB       | 12,8                    |
| 27                     | SITMB         | 5,8                     |

*Tabella 1: Concessionari autostradali e km di rete gestiti.*

*Fonte: database ART.*

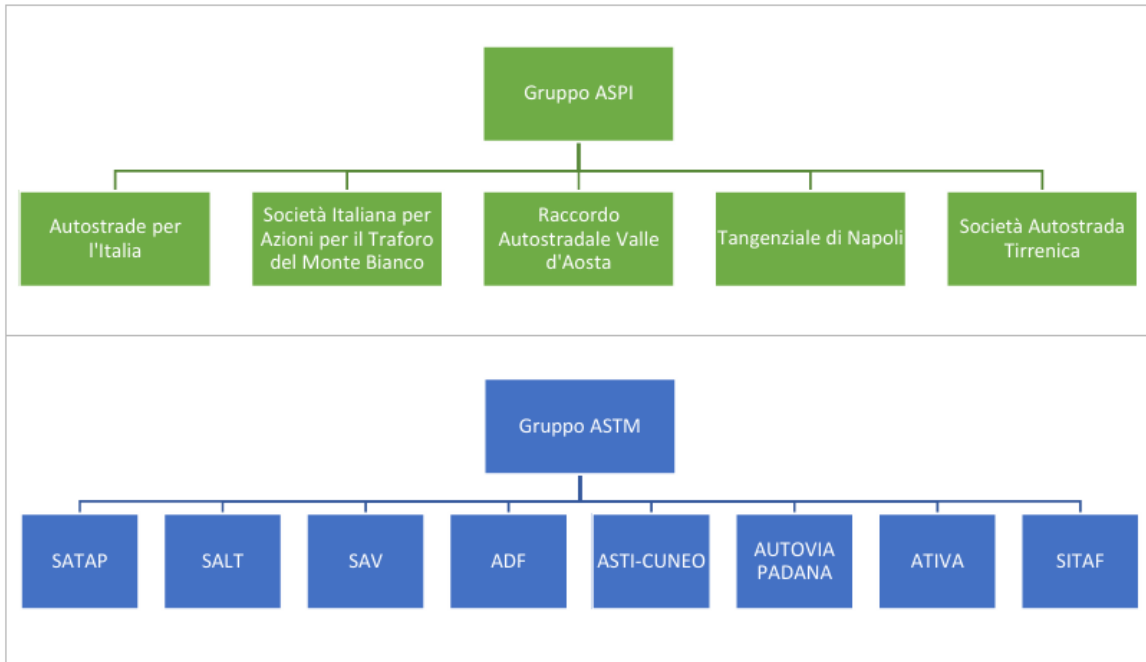
*L'estesa ANAS rappresentata riporta i dati presenti nel proprio sito web aggiornati al 02/07/2024 e non comprende i raccordi autostradali (pari a 353,957 km). Informazioni disponibili al link:*

*<https://www.stradeanas.it/it/le-strade/la-rete-anas>*

### 2.3.2 Analisi sulla concentrazione di mercato

È stata osservata la struttura del mercato italiano degli affidamenti delle concessioni autostradali a pedaggio e il relativo grado di concentrazione, misurato con l'indice di Herfindahl-Hirschman e con l'indice CR4. A tal fine, sono stati raggruppati i

concessionari appartenenti allo stesso soggetto economico di controllo come individuati alla [Figura 2](#).



*Figura 2: Composizione dei Gruppi Autostradali operanti in Italia.  
Fonte: elaborazione su siti web di Autostrade per l'Italia e di ASTM.*

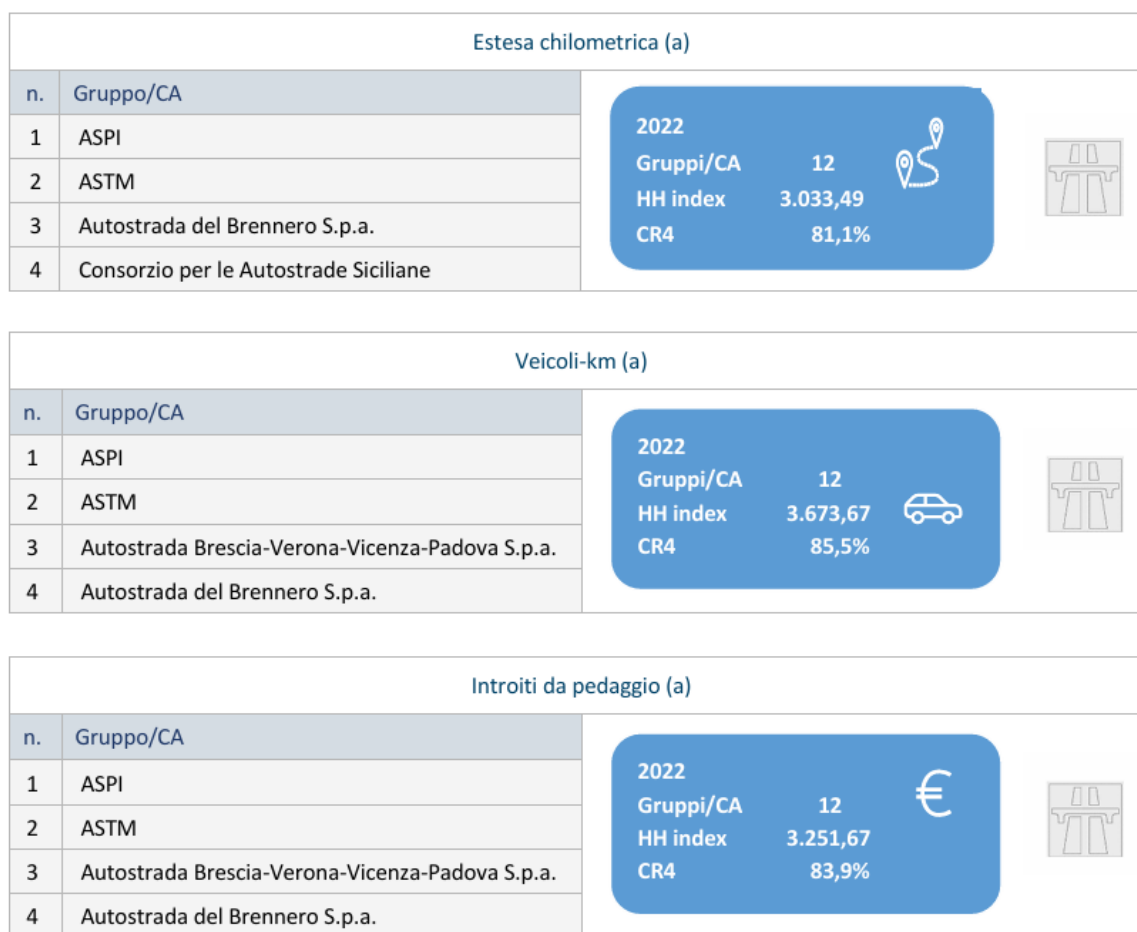
Sulla base dei dati pubblicati da AISCAT relativi all'anno 2022, l'analisi della concentrazione del mercato è stata svolta rispetto all'estesa chilometrica gestita (km rete), al traffico veicolare registrato (veh-km relativi al traffico) e agli introiti da pedaggio per il gestore autostradale (escludendo quindi il canone aggiuntivo e il valore dell'IVA). Per misurare il grado di concentrazione del mercato, si fa spesso ricorso a indicatori sintetici che consentono di valutare la distribuzione delle quote tra gli operatori. Tra questi, l'indice di Herfindahl-Hirschman (HHI) è uno dei più diffusi. Esso si ottiene sommando i quadrati delle quote di mercato detenute da ciascun soggetto, secondo la formula:

$$HHI = \sum_{i=1}^N s_i^2$$

dove  $s_i$  è la quota percentuale del gruppo  $i$  e  $N$  è il numero totale degli operatori. L'HHI varia tra 0 (mercato perfettamente concorrenziale) e 10.000 (monopolio). Secondo le

soglie comunemente adottate, un mercato è considerato poco concentrato se l'HHI è inferiore a 1.500, moderatamente concentrato tra 1.500 e 2.500, e altamente concentrato se superiore a 2.500.

Nel contesto del mercato autostradale italiano, i dati raggruppati nella [Figura 3](#) relativi all'anno 2022 evidenziano valori di HHI ben superiori alla soglia di 2.500, indicando un elevato livello di concentrazione.



*Figura 3: Analisi della concentrazione di mercato.*

*Fonte: elaborazione su dati AISCAT, 2023, AISCAT Informazioni - Edizione semestrale 3-4/2022. L'analisi non comprende le società ANAS, SPN, SITRASB, SITMB e SITAF (per la sola tratta relativa al traforo del Frejus).*

In particolare:

- Per quanto riguarda l'estensione chilometrica gestita, l'HHI è pari a 3.033,49, a fronte di 12 gruppi concessionari attivi;

- Per i veicoli-km (indicatore che rappresenta il traffico effettivo), l'indice sale ulteriormente a 3.673,67;
- Anche in termini di introiti da pedaggio, il valore dell'HHI risulta elevato, attestandosi a 3.251,67.

Tali dati evidenziano una forte concentrazione del settore, non solo dal punto di vista infrastrutturale, ma anche sotto il profilo economico e operativo.

Accanto all'HHI, viene spesso utilizzato anche un altro indicatore sintetico: il CR4 (*Concentration Ratio*), che rappresenta la somma delle quote detenute dai quattro principali operatori. Il CR4 varia tra 0% e 100% e consente di valutare in modo immediato il grado di dominanza dei soggetti maggiori. Anche in questo caso, i valori rilevati per il 2022 indicano una forte concentrazione, nello specifico:

- l'81,1% dell'estensione chilometrica complessiva è gestito da ASPI, ASTM, Autostrada del Brennero S.p.A. e Consorzio per le Autostrade Siciliane;
- l'85,5% del traffico veicolare espresso in veicoli-km è riconducibile a ASPI, ASTM, Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova S.p.A. e Autostrada del Brennero S.p.A.;
- l'83,9% degli introiti da pedaggio è generato da ASPI, ASTM, Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova S.p.A. e Autostrada del Brennero S.p.A.

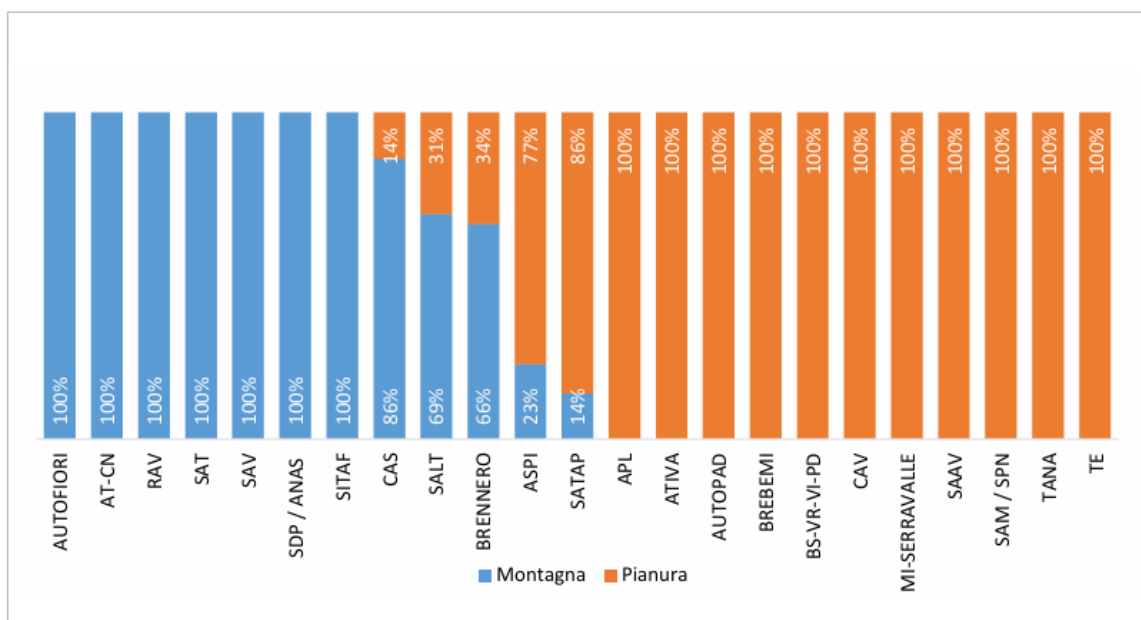
Tali valori di CR4, superiori all'80%, confermano la presenza di una struttura oligopolistica nel mercato autostradale italiano, dominata da pochi grandi gruppi, tra cui spiccano ASPI, ASTM, Autostrada del Brennero e Brescia-Verona-Vicenza-Padova S.p.A.

Si evidenzia che il gruppo ASPI detiene una quota di poco inferiore al 50% riferita all'estesa chilometrica, una quota pari a circa il 58% in termini di traffico e del 52% circa per pedaggio; il gruppo ASTM segue al secondo posto in tutte le configurazioni esaminate, con una quota pari a circa il 21% sia considerando l'estesa chilometrica delle concessioni che i pedaggi, mentre in termini di traffico la quota ricoperta scende al 15%; Autostrada del Brennero S.p.a. ha fatto registrare una quota di mercato leggermente superiore al 5% per estesa e pedaggi, quota che si alza leggermente al 6% in termini di traffico; Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova S.p.a. segna un 5% in termini di pedaggi a fronte di un 7% in termini di traffico (gestendo il 4% circa del totale rete). Rapportando infine il totale pedaggi con il traffico veicolare, risulta che il pedaggio unitario medio più elevato, considerando i 4 operatori menzionati, è praticato da ASTM (0,09 €/km), a cui segue il gruppo ASPI (0,07 €/km), Autostrada del Brennero S.p.a. e Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova S.p.a. (ciascuna circa 0,06 €/km).

### 2.3.3 Eterogeneità del panorama autostradale italiano

Sulla rete autostradale italiana sono presenti 473 aree di servizio, distribuite in media ogni 30 km per ciascuna direzione di marcia. Tutte le aree sono dotate di impianti di distribuzione carburanti, che offrono benzina e gasolio in modalità sia self-service che servito. Per quanto riguarda i carburanti alternativi, l'offerta risulta invece più disomogenea.

La tariffa unitaria per chilometro percorso varia in base a diversi fattori, a cominciare dalla classe del veicolo: circa il 75% del traffico è generato da veicoli leggeri. Un altro elemento che incide sulla tariffazione è la tipologia della tratta percorsa, che può essere classificata come "di pianura" o "di montagna". La [Figura 4](#) mostra la ripartizione chilometrica delle tratte pianura/montagna, in base al sistema tariffario applicato dai diversi concessionari autostradali nel 2022, rispetto al totale dei chilometri gestiti.



*Figura 4: Ripartizione tra tratte di montagna-pianura della rete autostradale per concessionario autostradale (anno 2022).*

*Fonte: database ART.*

Fanno parte dell'infrastruttura autostradale i sistemi e le apparecchiature per la riscossione del pedaggio, i caselli in entrata ed uscita e i portali di riscossione. Un quadro più dettagliato è presentato nella [Figura 5](#) che segue.

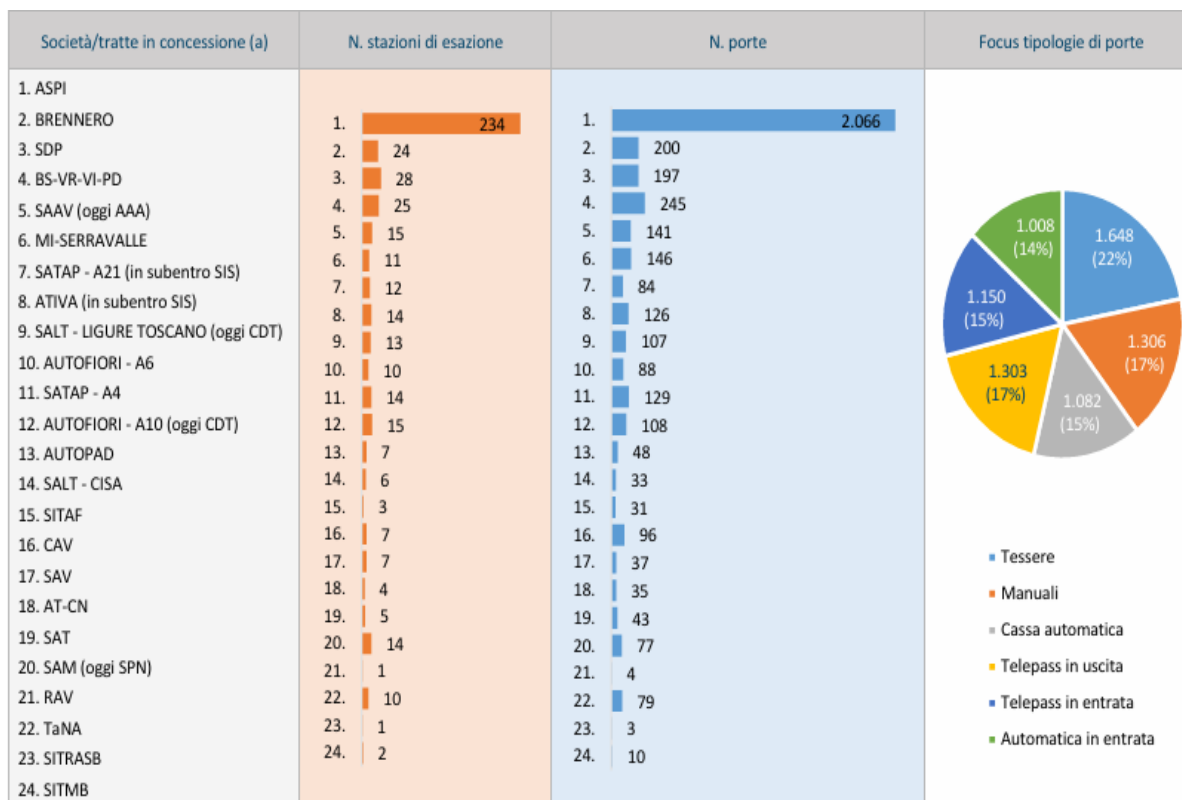


Figura 5: Stazioni di esazione e porte sulla rete autostradale italiana a pagamento anno 2022.  
Fonte: elaborazione su dati MIT, DGSVCA "Settore Autostradale in concessione – Relazione attività 2021".  
Il dato non include: ANAS, CAS, TE, BREBEMI, APL e AUTOCS.

Nel 2022, il parco veicolare con immatricolazione italiana risulta ammontare a 53.411.488 mezzi. La composizione del parco veicoli nel 2022 è riportata nella [Figura 6](#). Le autovetture sono poco più 40 milioni e costituiscono il 75,3% dei veicoli a motore; della restante parte, i veicoli commerciali sono poco meno di 6 milioni e rappresentano l'11,1%.

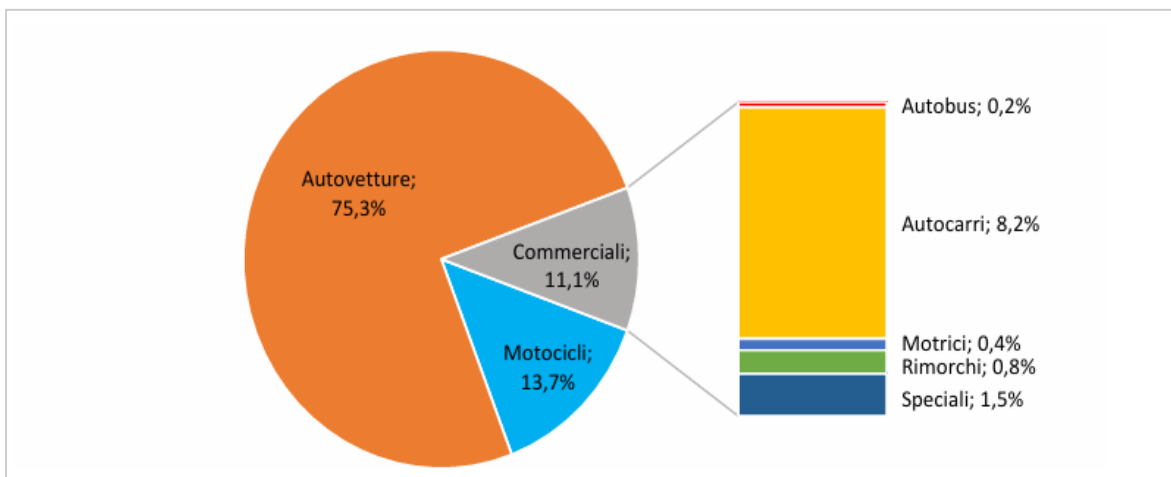


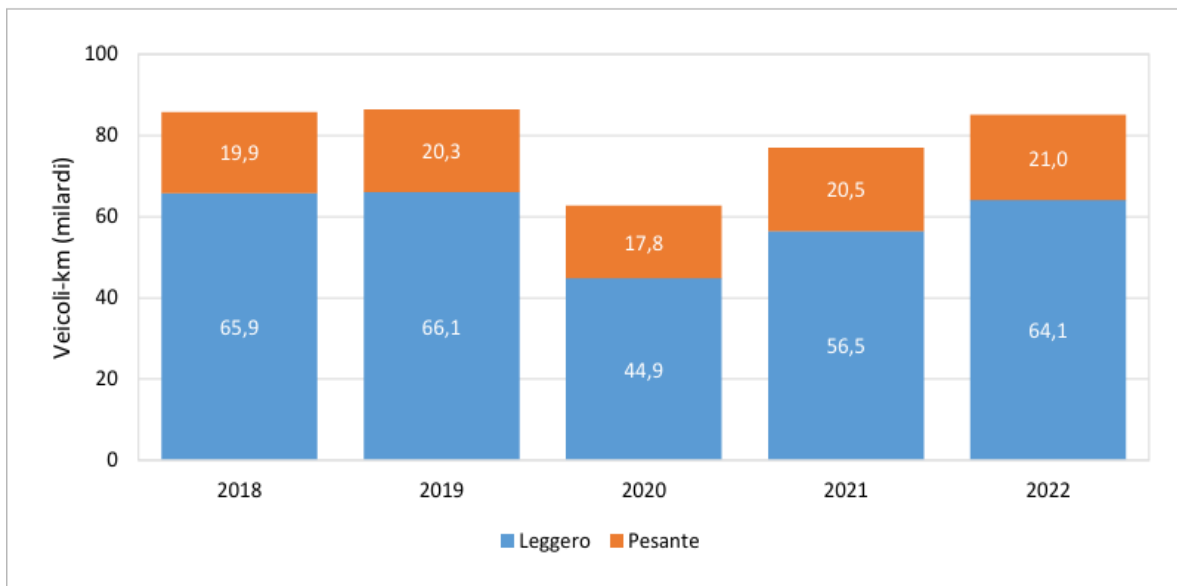
Figura 6: Composizione del parco veicolare italiano immatricolato anno 2022.

Fonte: Eurostat; MIT, 2024, Osservatorio sulle tendenze della mobilità di passeggeri e merci.

### 2.3.4 Analisi del traffico autostradale

La [Figura 7](#) illustra l'evoluzione del traffico autostradale, suddiviso tra veicoli leggeri e pesanti, nel periodo 2018–2022. Per entrambe le categorie, il picco massimo (espresso in veicoli-km) si registra nel 2019, seguito da un netto calo nel 2020, attribuibile alle restrizioni imposte per contrastare la pandemia da COVID-19. La contrazione è particolarmente marcata per i veicoli leggeri (-32%), mentre risulta più contenuta per quelli pesanti (-12%).

Negli anni successivi, si assiste a una graduale ripresa: già nel 2021 il traffico pesante torna ai livelli pre-pandemia, superandoli, mentre il traffico leggero resta inferiore rispetto al 2019. Tuttavia, nel 2023 si registra un pieno recupero anche per i veicoli leggeri, con un azzeramento del divario nel terzo trimestre (sulle autostrade in concessione). Nel quarto trimestre 2023, entrambi i segmenti registrano un incremento rispetto al 2019: +4% per i veicoli leggeri e +7% per quelli pesanti.



*Figura 7: Traffico sulla rete autostradale italiana a pagamento anni 2018-2022.  
Fonte: database ART.*

L'analisi dell'andamento del traffico autostradale nel periodo 2018-2023 evidenzia dinamiche significative, influenzate da fattori esogeni (come la pandemia da COVID-19) e da trasformazioni nei modelli di mobilità. In primo luogo, si osserva una diversa sensibilità tra traffico leggero e pesante: mentre il primo ha subito una contrazione drastica nel 2020 e ha impiegato più tempo per tornare ai livelli pre-pandemia, il traffico pesante ha manifestato una maggiore resilienza. Questa differenza riflette la natura essenziale del trasporto merci, anche nei periodi di crisi.

La piena ripresa del traffico leggero, registrata solo nel 2023, suggerisce un graduale ritorno alla mobilità pre-crisi, probabilmente influenzato dal progressivo superamento di misure restrittive, dal riassetto delle abitudini lavorative e dalla ripresa del turismo. Il superamento, nel quarto trimestre 2023, dei volumi del 2019 per entrambe le categorie veicolari rappresenta un chiaro indicatore di una domanda di mobilità tornata a crescere, con possibili ricadute sulla congestione e sulla sostenibilità del sistema autostradale.

Per integrare l'analisi con dati ancor più recenti, secondo quanto riportato dall'Osservatorio del traffico di ANAS e da Autostrade per l'Italia (ASPI), nel corso del 2024:

- il traffico dei veicoli leggeri si è mantenuto su livelli simili al 2023, con picchi stagionali legati alla mobilità turistica;



- il traffico dei veicoli pesanti ha registrato un aumento medio del +1-2%, trainato da una ripresa della logistica e del trasporto merci su gomma.

Per quanto riguarda l'inizio del 2025, i dati aggiornati confermano un andamento complessivamente stabile, con alcune variazioni mensili di rilievo:

- Gennaio 2025 ha fatto registrare un calo del 2% nel traffico totale rispetto a gennaio 2024, mentre i veicoli pesanti sono aumentati del 4% rispetto a dicembre 2024;
- Febbraio 2025 ha mostrato un traffico complessivo stabile su base annua, ma con un significativo incremento rispetto al mese precedente (+5% per il totale e +12% per i pesanti);
- Aprile 2025 ha evidenziato una crescita mensile del +3,7%, con incrementi marcati nelle regioni meridionali (+6,5%) e in Sicilia (+8,6%), mentre il traffico pesante è aumentato solo in alcune aree, come la Sicilia (+1,4%).

Sulla base di questi dati, ASPI stima per il 2025 una crescita complessiva del traffico dello 0,5% su base annua, nonostante le incertezze macroeconomiche. Tali previsioni suggeriscono un consolidamento della mobilità autostradale, in un contesto di progressivo ritorno ai flussi pre-pandemici, ma con dinamiche territoriali differenziate e in particolare risultano particolarmente rilevanti per la pianificazione di politiche di gestione del traffico come la modulazione tariffaria. L'osservazione dei trend post-pandemia offre quindi preziose indicazioni per orientare strategie di regolazione efficaci e capaci di rispondere a scenari futuri incerti ma ad alta intensità di mobilità.

### **2.3.5 Ricavi, investimenti e costi di manutenzione nella rete autostradale**

Per i concessionari autostradali il traffico veicolare rappresenta la principale fonte di entrata, generando complessivamente secondo un'analisi del 2022 ricavi lordi pari a circa 7 miliardi di euro all'anno (si veda la [Figura 8](#)). Tali ricavi sono destinati alla copertura di diverse voci di costo, tra cui figurano le spese per la manutenzione ordinaria e gli investimenti infrastrutturali.

Nel periodo 2018-2022, la spesa per la manutenzione ordinaria è stata in media pari a circa 1,4 miliardi di euro all'anno (si veda la [Figura 9](#)). Un incremento significativo si è registrato tra il 2018 e il 2019, con un aumento di circa il 50%, in concomitanza con

l'inasprimento delle misure di controllo e manutenzione conseguente al tragico crollo del Ponte Morandi avvenuto il 14 agosto 2018, che causò la morte di 43 persone. La crescita delle spese manutentive è proseguita anche nel 2020, anno in cui si è raggiunto il valore massimo pari a 1,7 miliardi di euro.

La componente più rilevante dei ricavi, tuttavia, è destinata alla compensazione dei costi di capitale sostenuti dalle concessionarie per gli investimenti effettuati sull'infrastruttura. Tali investimenti riguardano, in particolare, gli asset devolvibili, ovvero quelle opere che, alla scadenza del rapporto concessorio, dovranno essere retrocesse al Concedente (lo Stato). L'evoluzione degli investimenti nel periodo analizzato evidenzia una spesa media annua di circa 1,6 miliardi di euro, con un significativo incremento nel 2021 (+75% rispetto al 2020) e un picco registrato nel 2022 (si veda la [Figura 10](#)).

Oltre agli ammortamenti, i ricavi da pedaggio servono anche a garantire la remunerazione del capitale investito netto regolatorio. In base alla regolazione introdotta dall'Autorità di Regolazione dei Trasporti nel 2019, tale remunerazione viene determinata applicando al CIN un tasso di rendimento definito annualmente dall'Autorità stessa, secondo il metodo del costo medio ponderato del capitale (WACC).

Infine, la dinamica crescente degli investimenti trova riscontro anche nell'aumento del numero di cantieri attivi al 31 dicembre di ciascun anno, relativi sia alla realizzazione di nuove opere sia agli interventi di manutenzione straordinaria. Questo dato evidenzia un'intensificazione dell'attività infrastrutturale nel periodo considerato, coerente con le esigenze di adeguamento, messa in sicurezza e potenziamento della rete autostradale (si veda la [Figura 11](#)).

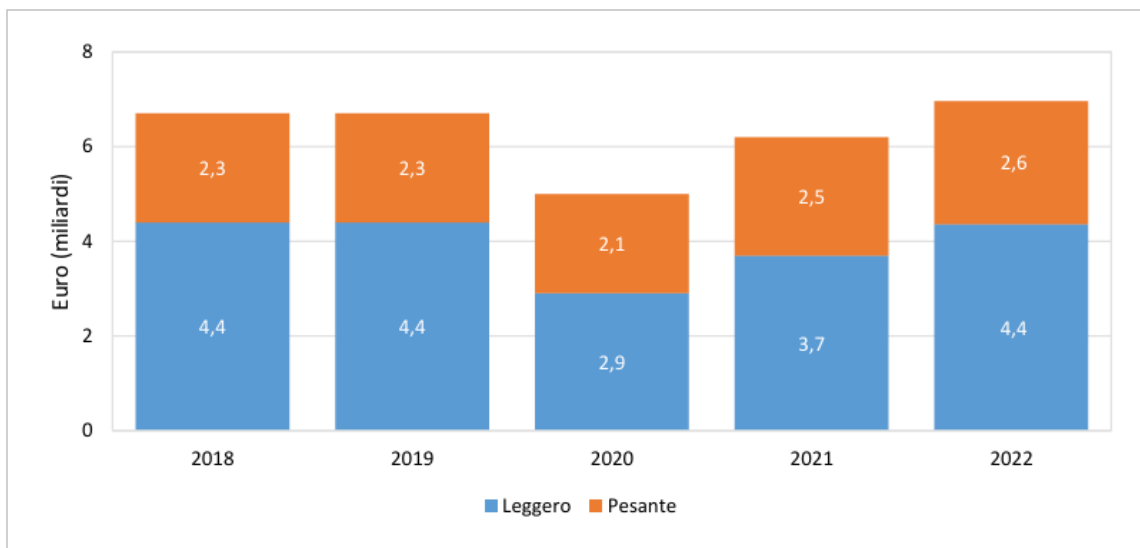


Figura 8: Ricavi lordi da pedaggio nelle autostrade per macro-tipologia di veicolo (2018-2022).  
Fonte: elaborazione su database SIVCA, dati CAL

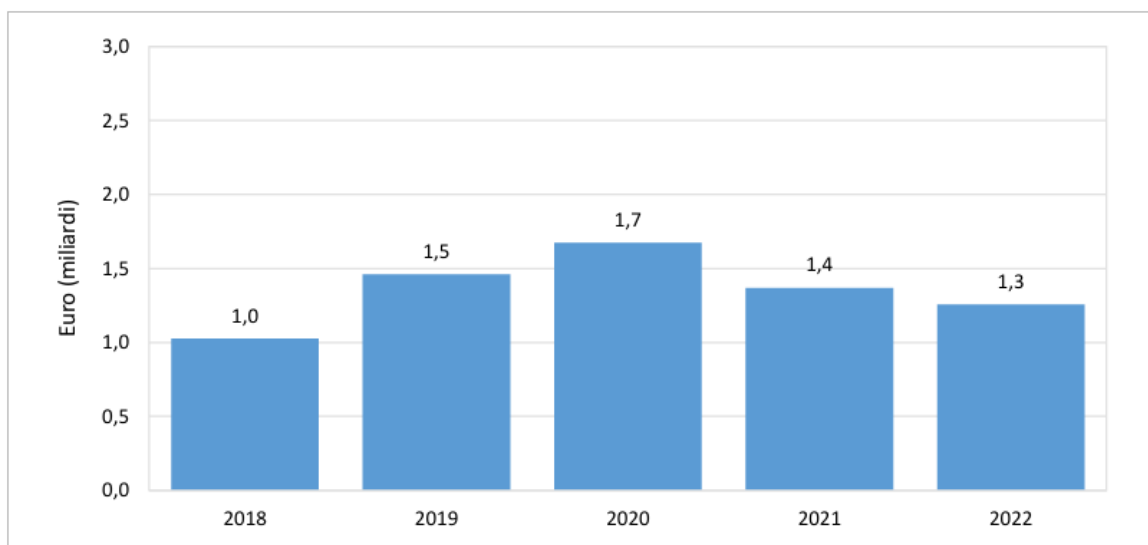
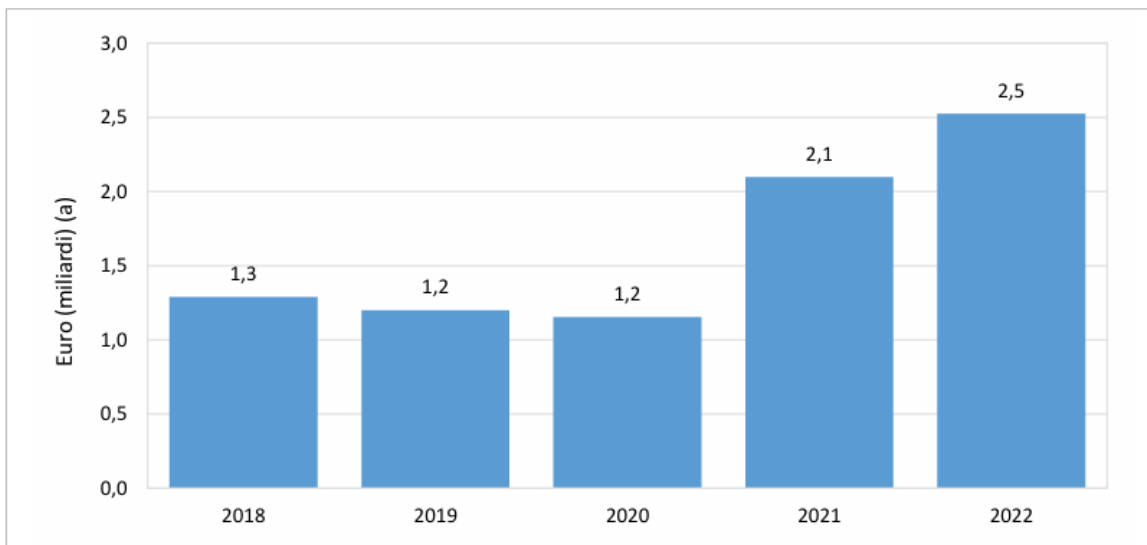
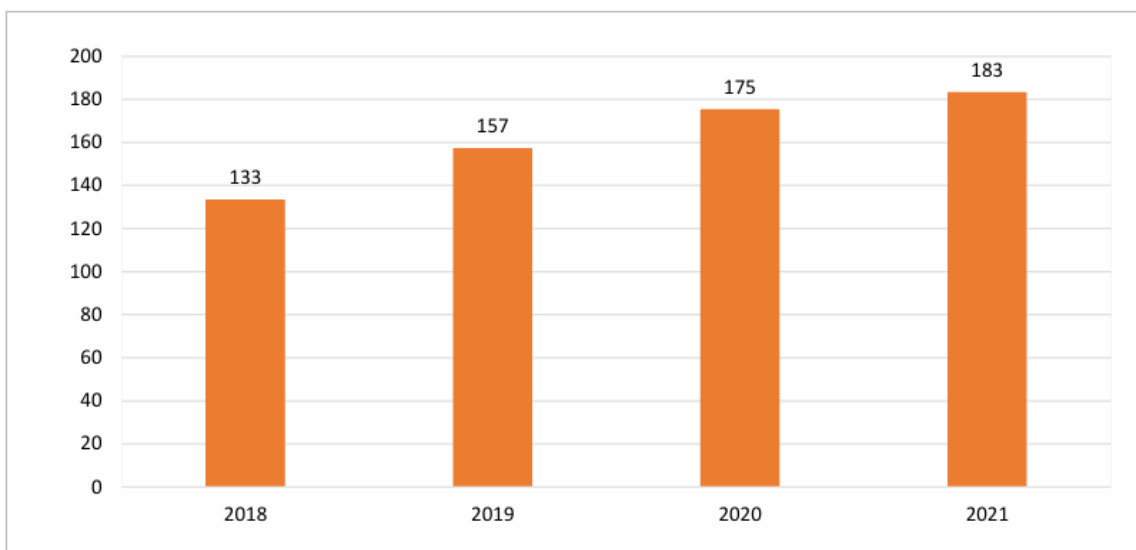


Figura 9: Evoluzione della spesa per manutenzioni ordinarie (2018-2022).  
Fonte: elaborazione su database ART e database SIVCA



*Figura 10: Evoluzione della spesa per investimenti (2018-2022).*

*Fonte: elaborazione su database ART e database SIVCA.*



*Figura 11: Evoluzione cantieri su rete autostradale (nuove opere e manutenzione straordinaria, 2018-2021).*

*Fonte: elaborazione su dati MIT, DGSVCA "Settore Autostradale in concessione – Relazione attività", vari anni.*

L'analisi condotta si basa prevalentemente su dati disponibili fino al 2022, anno per il quale risultano pienamente consolidate le informazioni ufficiali dell'analisi trattata relative a ricavi, investimenti e spese di manutenzione del settore autostradale.

Tuttavia, la più recente Delibera n. 132/2024 dell'Autorità di Regolazione dei Trasporti consente di integrare il quadro con dati aggiornati al 2023. Secondo quanto riportato, i ricavi lordi generati dal traffico autostradale si attestano stabilmente intorno ai 7 miliardi di euro annui, mentre le spese per manutenzione ordinaria restano elevate e costanti rispetto al biennio precedente, con valori medi tra i 300 e i 400 milioni di euro annui per i principali concessionari. Inoltre, gli investimenti nel settore risultano in aumento, con un andamento progressivo che conferma un trend crescente tra il 2021 e il 2023.

## **3 EVOLUZIONE DELLA REGOLAZIONE TARIFFARIA E GOVERNANCE DEL SETTORE**

---

### **3.1 CENNI STORICI**

Lo sviluppo della rete autostradale italiana ebbe inizio nel 1925 con la realizzazione dell'Autostrada Milano-Laghi, a cui seguirono altri tratti che portarono la lunghezza complessiva della rete a 459 chilometri. Le prime infrastrutture furono costruite tramite forme di partenariato pubblico-privato, in cui le imprese private realizzavano le opere ricevendo in cambio una concessione per gestire l'autostrada e riscuotere i pedaggi per un periodo determinato, sufficiente a coprire l'investimento.

Tuttavia, i volumi di traffico registrati in quegli anni risultarono inferiori alle aspettative, rendendo difficile il rientro economico delle imprese coinvolte. Per evitare il fallimento di queste realtà private, lo Stato fu costretto a intervenire, riscattando anticipatamente le concessioni e assumendo direttamente la gestione delle infrastrutture autostradali. Questo avvenne tramite l'Azienda Autonoma Statale della Strada, un ente pubblico creato appositamente per occuparsi della realizzazione e gestione delle strade statali e autostradali.

Dopo la Seconda Guerra Mondiale, fu necessario un ulteriore intervento statale per favorire lo sviluppo della rete: la legge 463/1955 fissava i criteri delle concessioni, prevedendo un contributo pubblico massimo del 40% dei costi, una durata di 30 anni e la preferenza per enti pubblici come concessionari.

Un ulteriore impulso giunse con la legge n. 729/1961 (cosiddetto "Piano Zaccagnini"), che assegnò le nuove concessioni all'Istituto per la Ricostruzione Industriale, il quale le conferì alla Società Autostrade, sua controllata. Da quel momento, l'intera rete a pedaggio venne gestita da un unico soggetto pubblico.

Per finanziare i nuovi tratti, lo Stato autorizzò Società Autostrade a emettere obbligazioni esenti da tasse, a condizione che si impegnasse a realizzare ulteriori tratte come la A14, A16 e A30.

Dal punto di vista regolatorio, la legge 463/1955 introdusse il principio del "cost of service": i pedaggi dovevano coprire solo i costi di gestione, e dal terzo anno, gli eventuali ricavi eccedenti dovevano essere trasferiti allo Stato. Tuttavia, poiché la proprietà della rete era pubblica, il controllo sui pedaggi non fu rigoroso, permettendo una certa flessibilità negli aumenti.

Negli anni successivi, l'alta inflazione e l'aumento dei tassi d'interesse portarono a rivalutazioni del capitale investito, rendendo necessario l'allungamento della durata di molte concessioni per garantire l'equilibrio economico-finanziario. Le concessioni divennero così lo strumento giuridico essenziale per il settore, riprendendo modelli ottocenteschi del trasporto ferroviario, ma con un'evoluzione complessa e oscillante tra logiche pubbliche e private.

L'alternanza tra intervento statale e apertura al mercato ha caratterizzato la storia del settore: dagli esordi privatistici degli anni Venti, al controllo pubblico del dopoguerra, fino alle privatizzazioni degli anni Novanta. Negli anni più recenti, l'equilibrio è stato messo in discussione dalla necessità di limitare gli extraprofitti generati da alcune concessioni e di garantire maggiore trasparenza nella definizione tariffaria, attraverso strumenti di regolazione indipendente.

L'Unione Europea, pur intervenendo marginalmente nel settore autostradale, ha introdotto con la direttiva 2014/23/UE l'obbligo che le concessioni siano assegnate secondo criteri di concorrenza per il mercato, equiparandole agli appalti pubblici e confermando la natura contrattuale dell'istituto. Le concessioni autostradali si configurano come un ibrido: da un lato riguardano la costruzione, il potenziamento o la sostituzione delle infrastrutture; dall'altro comprendono la gestione del servizio di trasporto. Entrambe le componenti generano costi, coperti tramite pedaggi il cui livello è stabilito in sede amministrativa.

La regolazione ha il compito di bilanciare esigenze diverse: attrarre capitali privati, tutelare la redditività dei concessionari, garantire l'interesse pubblico, introdurre concorrenza nella selezione e limitare profitti eccessivi.

### **3.2 DALLA REGOLAZIONE COST-OF-SERVICE AL PRICE CAP**

Fino agli anni '90, il sistema di regolazione delle tariffe autostradali in Italia era improntato al principio del cost-of-service introdotto nel sottocapitolo precedente: i pedaggi dovevano coprire i costi operativi e di investimento, garantendo un equilibrio economico senza profitti eccessivi.

Nel quadro delle riforme necessarie all'ingresso dell'Italia nell'Eurozona, a partire dal 1992 si assistette a un processo di profonda trasformazione del settore. La legge 498/1992 affidò al Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) la revisione delle tariffe, introducendo nel 1996 un nuovo meccanismo di

aggiornamento basato sul Price Cap<sup>1</sup>. La formula adottata, ancora oggi riferimento per molti settori regolati, fu:

$$\Delta T \leq \Delta P - X + b\Delta Q$$

Dove:

- $\Delta T$  è la variazione massima della tariffa;
- $\Delta P$  è l'inflazione programmata;
- $X$  è il tasso di incremento della produttività attesa;
- $b\Delta Q$  è una componente legata alla qualità del servizio offerto.

Tuttavia, la prima applicazione del Price Cap fu fortemente limitata. Il valore del fattore  $X$  non venne definito con criteri oggettivi, e in molti casi risultò nullo o addirittura negativo, vanificando l'obiettivo di incentivare l'efficienza. Inoltre, il sistema non considerava il rischio traffico, permettendo ai concessionari di beneficiare interamente degli extraprofiti derivanti da flussi superiori alle previsioni. Questo squilibrio si acutizzò dopo la privatizzazione del principale gestore nazionale, Società Autostrade, nel 1999, acquisito dal gruppo Benetton.

Nel tempo, ulteriori modifiche normative generarono una progressiva stratificazione di ben sei regimi tariffari differenti, tutti formalmente ispirati al modello Price Cap ma caratterizzati da rilevanti differenze strutturali, con adattamenti spesso calibrati sulle esigenze dei singoli concessionari. Tale pluralità ha comportato la perdita delle caratteristiche fondamentali del Price Cap, in particolare la sua capacità di incentivare l'efficienza, ed è stata oggetto di frequenti critiche per la scarsa trasparenza e per l'eccessivo grado di personalizzazione dei criteri applicativi.

Di seguito si riportano i principali tratti distintivi dei sei regimi tariffari applicati fino all'avvio del processo di unificazione<sup>2</sup>:

1. **Primo Regime (CIPE 319/1996)**: Basato sulla formula originale del Price Cap, con componenti  $\Delta P - X_{\text{prod}} + b\Delta Q$ .
2. **Secondo Regime (D.lgs. 355/2003)**: Sostituisce il parametro di produttività  $X_{\text{prod}}$  con  $X_{\text{investimenti}}$ , legato agli investimenti programmati, di fatto eliminando la spinta all'efficienza. La componente  $b\Delta Q$  assume unicamente valore negativo

---

<sup>1</sup> Per maggiori dettagli sulla specificazione della funzione di costo utilizzata e sul metodo di determinazione del fattore  $X$  nel Price Cap si rimanda all'[Appendice A](#).

<sup>2</sup> Per un riepilogo dei fattori di input impiegati nei sei regimi tariffari pre-2019, si rimanda alla [Tabella 6](#) in [Appendice B](#).



(penalizzazione in caso di inadempienze). La successiva delibera CIPE 39/2007 introduce la **componente K** per remunerare nuovi investimenti.

3. **Terzo Regime (CIPE 39/2007):** Inserisce  $X_{req}$ , un fattore di riequilibrio per colmare lo scarto tra ricavi attesi e costi ammessi. La qualità ( $b\Delta Q$ ) può incidere positivamente e viene mantenuta la componente K.
4. **Quarto Regime:** Derivato dal primo regime, con l'aggiunta della sola componente K per la remunerazione degli investimenti.
5. **Quinto Regime (D.lgs. 185/2008):** Specifico per Autostrade per l'Italia, sostituisce l'inflazione programmata con l'inflazione reale ponderata. La componente  $b\Delta Q$  resta solo come penalizzazione.
6. **Sesto Regime (art. 3, c. 5 del D.lgs. 185/2008):** Simile al quinto, ma con l'eliminazione del fattore  $X_{req}$ .

Questa molteplicità di regimi, unita alla presenza di un numero ristretto di concessionari, ha sollevato crescenti preoccupazioni per la mancanza di trasparenza e per l'indebolimento degli strumenti incentivanti alla base del sistema Price Cap.

### **3.3 LA NASCITA DELL'ART E LA RIFORMA TARIFFARIA UNIFICATA**

Per porre rimedio alle criticità derivanti dal doppio ruolo dello Stato (concedente e regolatore), il decreto-legge 201/2011 istituì l'Autorità di Regolazione dei Trasporti (ART), con il compito di garantire l'autonomia della funzione regolatoria e promuovere la trasparenza nei rapporti concessori.

Inizialmente limitata alle nuove concessioni, l'ART ha visto estendere le proprie competenze a tutta la rete con il Decreto Genova (d.l. 109/2018), in seguito al crollo del ponte Morandi. È stato così avviato un processo di unificazione dei sistemi tariffari, concretizzatosi nel 2019 con l'adozione di un nuovo schema regolatorio, ispirato al Price Cap ma arricchito da importanti innovazioni.

Il nuovo sistema prevede:

- La divisione della tariffa in tre componenti: gestione, costruzione e oneri di concessione;

- La determinazione del fattore di produttività (X) su base quinquennale, tramite analisi econometriche sui costi;
- Un nuovo indicatore sintetico di qualità del servizio (Q), che può influenzare in positivo o in negativo l'adeguamento tariffario;
- Un meccanismo di revenue sharing sugli extraprofitti derivanti da incrementi di traffico superiori alle previsioni;
- Il calcolo della remunerazione degli investimenti tramite il WACC, stimato secondo criteri trasparenti e aggiornati.

Particolare attenzione è stata data all'equilibrio tra remunerazione del capitale e tutela dell'utente. La clausola di salvaguardia garantisce la continuità della remunerazione per gli investimenti pregressi, mentre quelli futuri sono regolati secondo principi di mercato e trasparenza.

In conclusione, l'intervento dell'ART e l'unificazione tariffaria hanno rappresentato un passo fondamentale verso una maggiore equità, efficienza e accountability nel settore autostradale italiano, anche in vista dell'introduzione di modelli tariffari più dinamici, come la modulazione variabile dei pedaggi, oggetto centrale del presente elaborato.

L'azione dell'ART nel settore autostradale non si è limitata alla definizione del nuovo modello tariffario, ma si è progressivamente consolidata attraverso una funzione di vigilanza continua sull'attuazione dei piani economico-finanziari, delle convenzioni e degli standard di servizio. In particolare, l'Autorità ha introdotto procedure standardizzate per la valutazione ex ante delle proposte tariffarie, stabilendo criteri uniformi per l'ammissibilità degli investimenti e la coerenza tra gli obiettivi contrattuali e i ritorni attesi.

Questa funzione regolatoria si è rivelata cruciale per ridurre la discrezionalità nei rapporti tra Stato e concessionari, superando le opacità che avevano caratterizzato la fase precedente alla riforma. L'ART interviene, ad esempio, validando i contenuti economici e tecnici dei PEF (Piani Economico-Finanziari), assicurandone l'equilibrio su basi oggettive, e svolge un ruolo di controllo preventivo su eventuali rinegoziazioni delle convenzioni in essere, contribuendo così alla stabilità regolatoria del sistema.

Parallelamente, l'Autorità ha sviluppato una base informativa solida e trasparente, rendendo pubblici gli schemi regolatori, le delibere applicative e i criteri di calcolo tariffario. Questo approccio ha favorito una maggiore rendicontabilità dei concessionari, i quali sono ora sottoposti a obblighi informativi puntuali e periodici, che alimentano il sistema di monitoraggio continuo della performance.

Nel tempo, l'intervento dell'ART ha contribuito anche a una razionalizzazione delle relazioni tra i diversi attori istituzionali, promuovendo il coordinamento con altri enti, come il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e la Corte dei Conti, evitando quindi sovrapposizioni normative e rendendo più efficiente il governo del settore autostradale.

Un altro aspetto rilevante riguarda l'attenzione alla qualità del servizio percepita dagli utenti. Sebbene il metodo tariffario introdotto dall'ART nel 2019 preveda l'utilizzo dell'indicatore Q, volto a misurare la qualità del servizio offerto e a legarla parzialmente agli adeguamenti tariffari, tale meccanismo non risulta ancora pienamente applicato nei contratti in essere. Tuttavia, l'Autorità sta lavorando per attivare l'attività di monitoraggio dal punto di vista della qualità, la quale risulta essere un'iniziativa volta a favorire forme di concorrenza per benchmarking e a incentivare i concessionari a migliorare le proprie prestazioni per mantenere la legittimità e la convenienza economica della concessione.

Infine, l'azione dell'ART ha prodotto effetti positivi anche sul piano sistemico, contribuendo a una maggiore attrattività del settore per gli investitori istituzionali, grazie alla maggiore prevedibilità regolatoria, alla riduzione di conflitti di interesse tramite la separazione dei poteri tra concedente (MIT) e regolatore (ART) e alla diffusione di pratiche allineate ai criteri europei di trasparenza e concorrenza.

## 4 QUADRO TEORICO E CONCETTUALE

---

### 4.1 MODELLI ESISTENTI

Indipendentemente dalla configurazione della politica, esistono tre diverse strategie di tariffazione implementabili, ognuna con dei pro e dei contro:

- **Tariffazione fissa:** applica un pedaggio costante durante i periodi designati. È economicamente conveniente e richiede un tempo minimo di sviluppo algoritmico, ma presenta lo svantaggio di mantenere costante la domanda di traffico, portando a inefficienze.
- **Tariffazione variabile:** il pedaggio varia in modo predefinito durante i periodi tariffati. Questo metodo è efficace per gestire il traffico prevedibile, ma richiede studi approfonditi e non è ottimale in caso di traffico imprevedibile, come incidenti.
- **Tariffazione dinamica:** adatta i pedaggi in tempo reale o quasi, in base alle condizioni del traffico. È la strategia più efficiente poiché cattura sia i comportamenti di traffico prevedibili che imprevedibili. Tuttavia, questo approccio potrebbe incontrare una maggiore opposizione da parte del pubblico a causa della sua natura intrinseca, e la sua implementazione algoritmica risulta più costosa e dispendiosa in termini di tempo.

Infine, una quarta soluzione alternativa, è l'utilizzo di una **vignetta**, un contrassegno fisico o digitale che funziona come un abbonamento prepagato per poter circolare nelle autostrade.

La tesi si propone di svolgere uno studio concernente un metodo alternativo e innovativo di tariffazione variabile.

### 4.2 STRATEGIE DI TARIFFAZIONE VARIABILE

Le strategie di tariffazione variabile si basano su pedaggi che variano in modi predefiniti durante la giornata o durante i giorni della settimana, basandosi su studi precedenti sul flusso del traffico e/o su altre variabili.

Per quanto riguarda una differenziazione tariffaria basata sulle diverse fasce orarie, gli intervalli di tempo tra un cambiamento tariffario e l'altro possono variare da caso a caso e non devono necessariamente essere fissi: intervalli tariffari più brevi rendono il sistema di pricing più reattivo alle condizioni del traffico, ma possono risultare difficili da memorizzare per gli utenti, generando insoddisfazione pubblica; al contempo, però, contribuiscono a limitare comportamenti opportunistici, come accelerare o rallentare per approfittare delle fasce a tariffa più bassa.

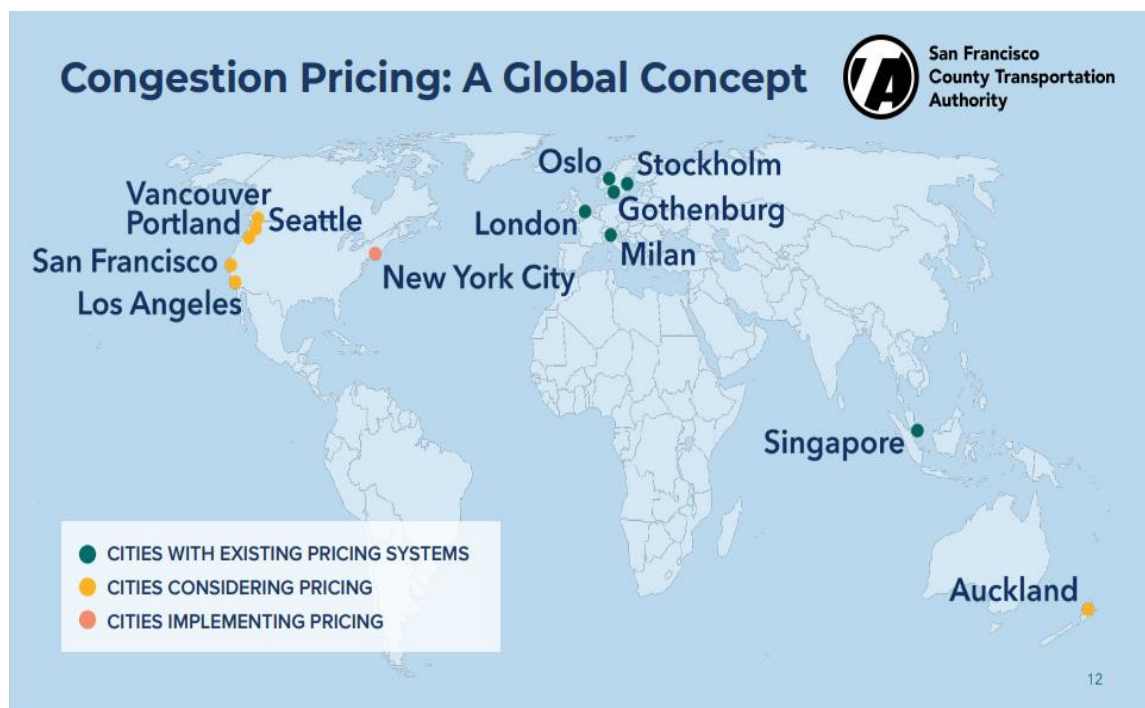


Figura 12: Città che avevano intenzione di implementare o avevano già adottato una modulazione tariffaria variabile nel 2020.

Fonte: [www.sfcta.org](http://www.sfcta.org)

#### 4.2.1 Vantaggi e sfide della tariffazione variabile

La tariffazione variabile aiuta ad ottimizzare il sistema perché segue meglio le variazioni del costo sociale marginale della guida nel corso della giornata. Tuttavia, stimare con precisione la domanda di traffico e il costo sociale marginale è complesso. Il costo marginale sociale è il costo totale per la società causato da una singola unità

aggiuntiva di un'attività. Nel caso del traffico, si tratta del costo generato da un veicolo in più sulla strada. Questo costo non riguarda solo il conducente, ma include anche:

- Il tempo perso dagli altri automobilisti a causa del rallentamento;
- L'inquinamento atmosferico prodotto;
- I rischi per la salute pubblica in termini di smog e incidenti;
- Il consumo (manutenzione e usura) di spazio pubblico e infrastrutture;
- Le emissioni di CO<sub>2</sub> e cambiamenti climatici, se si considerano gli impatti ambientali globali.

D'altro canto, il costo marginale privato è ciò che il singolo conducente percepisce come costo per effettuare un viaggio: carburante, pedaggi, tempo speso, usura del veicolo. La differenza chiave sta nel fatto che il conducente non percepisce direttamente i costi marginali sociali, perciò, tende a utilizzare l'infrastruttura più di quanto sarebbe socialmente ottimale.

#### **4.2.2 Limiti della tariffazione variabile**

Il traffico non varia solo in modo prevedibile secondo schemi ricorrenti di domanda, ma anche in modo imprevedibile a causa di:

- Incidenti;
- Maltempo;
- Eventi speciali;
- Scioperi del trasporto pubblico;
- Altri fattori imprevisti.

Le strategie di tariffazione variabile possono avere difficoltà di adattamento a queste fluttuazioni impreviste, creando uno scarto tra le tariffe effettivamente applicate e quelle ottimali.

## **4.3 GESTIONE DEL TRAFFICO E IMPATTI DELLA CONGESTIONE**

La gestione del traffico è uno degli obiettivi principali della tariffazione per la congestione. Il traffico ha molteplici impatti sulla società. Oltre alle esternalità ambientali discusse precedentemente, i principali effetti negativi della congestione stradale includono i seguenti tre aspetti.

### **4.3.1 Velocità di viaggio e mancanza di affidabilità**

La congestione del traffico ha effetti negativi su salute, lavoro, famiglie, relazioni, costi dei beni di consumo e tempi di risposta delle emergenze, influenzando sia le imprese che i singoli individui (Federal Highway Administration, 2019). Per le aziende, un sistema di trasporti inaffidabile porta a costi aggiuntivi a causa dell'aumento dei tempi e dei costi di viaggio, oltre a problemi nella consegna dei servizi. Ciò si traduce in una riduzione della produttività e dello sviluppo economico.

- Anche il costo del lavoro può risentirne: ritardi dei dipendenti e stress causato dalla congestione possono ridurre la produttività.
- Per gli individui, la scarsa affidabilità del traffico costa perché obbliga le persone a partire prima e sprecare tempo “per sicurezza”. Inoltre, il tempo perso effettivamente in coda ha un valore economico, il costo opportunità calcolato come tempo sottratto ad altre attività più produttive o piacevoli. Negli Stati Uniti, i costi legati alla scarsa affidabilità del tempo di viaggio sono stati stimati in 10,1 miliardi di dollari all'anno, mentre il costo opportunità del tempo perso nel traffico ammontava a 60,6 miliardi di dollari.

### **4.3.2 Consumo di carburante e congestione: un legame critico**

Il consumo di carburante dei veicoli è fortemente influenzato dai modelli di guida, in particolare dalla velocità e dalle variazioni di accelerazione. In condizioni di traffico congestionato, i veicoli sono costretti a frequenti frenate e ripartenze, con accelerazioni brusche e velocità ridotte non costanti. Questo comportamento di guida inefficiente causa un aumento significativo del consumo energetico. Treiber et al. (2008) hanno sviluppato un modello per stimare il consumo istantaneo di carburante tenendo conto della velocità, dell'accelerazione e di caratteristiche specifiche del veicolo e del motore.

Applicando questo modello ai dati del progetto NGSIM (Next Generation Simulation), che raccoglie dati ad alta risoluzione sui movimenti dei veicoli in ambienti reali, è emerso che la congestione stradale può aumentare il consumo di carburante fino all'80% rispetto a condizioni di traffico fluido. Parallelamente, il tempo di percorrenza può quadruplicare, generando un effetto moltiplicativo sul costo sociale e ambientale della congestione. È importante sottolineare che questo fenomeno riguarda in particolare le auto a benzina, le quali sono più sensibili a variazioni di guida rispetto ai veicoli ibridi o elettrici, che possono contare su sistemi di recupero energetico e tecnologie di risparmio, come ad esempio il "start & stop". In sintesi, la congestione stradale non solo rallenta gli spostamenti, ma aggrava il consumo di carburante e le emissioni inquinanti, sottolineando ulteriormente la necessità di politiche di gestione della domanda.

### **4.3.3 Incidenti stradali, costi sociali e ruolo della gestione del traffico**

Gli incidenti stradali rappresentano una delle conseguenze più gravi della congestione urbana, con impatti che si estendono ben oltre la sfera individuale. Le ricadute economiche e sociali degli incidenti includono danni materiali, costi sanitari, perdita di produttività e ulteriori rallentamenti del traffico. Per comprendere meglio la relazione tra traffico e incidentalità, uno studio significativo condotto da Sánchez González et al. ha analizzato nel 2021 il fenomeno attraverso l'utilizzo di big data, superando i limiti dei tradizionali metodi statistici, spesso condizionati da fattori esogeni come il meteo o la conformazione delle strade.

Lo studio si è basato su decine di miliardi di dati generati nel 2019 dall'applicazione Waze, focalizzandosi sulle principali città dell'America Latina, tra cui Bogotá, Buenos Aires, Lima, San Paolo, Città del Messico e Santiago. L'analisi ha rivelato un legame positivo e non lineare tra volume di traffico e numero di incidenti: al crescere della congestione, aumenta anche la probabilità di sinistri stradali, sebbene con rendimenti marginali decrescenti. Ciò significa che i primi incrementi di traffico determinano aumenti significativi nel numero di incidenti, ma oltre una certa soglia l'effetto incrementale si attenua. Nonostante ciò, una riduzione del traffico del 10% può ancora portare a una diminuzione degli incidenti pari al 3,4%, dimostrando l'efficacia di strategie di contenimento del traffico in termini di sicurezza stradale.

Oltre alla riduzione degli incidenti, un'efficace gestione della mobilità permette di abbattere i costi sociali derivanti da tali eventi. Questi costi includono:

- Danni materiali ai veicoli coinvolti e alle infrastrutture pubbliche;



- Ulteriori congestioni e ritardi causati dalla gestione degli incidenti;
- Spese mediche per le cure ai feriti;
- Perdita di produttività, sia sul posto di lavoro che nelle attività quotidiane domestiche;
- Costi assicurativi e legali, che gravano sull'intero sistema economico.

Alla luce di questi impatti, emerge con forza l'importanza di una gestione del traffico efficiente e mirata.

La relazione tra tariffazione e traffico è bidirezionale:

- Da un lato, la tariffazione modifica il comportamento dei conducenti, disincentivando l'uso del mezzo privato in certe fasce orarie o in aree critiche, riducendo così la congestione e, indirettamente, l'incidentalità.
- Dall'altro, le condizioni del traffico influenzano l'applicazione delle tariffe variabili, che possono essere adeguate in base all'evoluzione dei flussi veicolari previsti.

In sintesi, l'evidenza empirica e teorica sottolinea quanto sia strategica la gestione della congestione, non solo per ottimizzare la mobilità urbana, ma anche per ridurre i costi sociali e migliorare la sicurezza stradale.

#### **4.4 L'ACCETTABILITÀ PUBBLICA DELLA TARIFFAZIONE DELLA CONGESTIONE**

L'accettabilità pubblica rappresenta uno degli elementi più critici per l'implementazione efficace delle politiche di tariffazione della congestione. In molti casi, infatti, la resistenza sociale e politica ha ostacolato o addirittura bloccato l'introduzione di queste misure, nonostante la loro comprovata efficacia in termini di riduzione del traffico, dell'inquinamento e dei costi esterni del trasporto. Per questo motivo, comprendere i fattori che influenzano la disponibilità della popolazione ad accettare tali politiche è fondamentale per il loro successo a lungo termine.

Di seguito vengono presentati i molteplici fattori chiave per cui si è dimostrata la sussistenza di un'incidenza diretta sull'accettabilità pubblica.

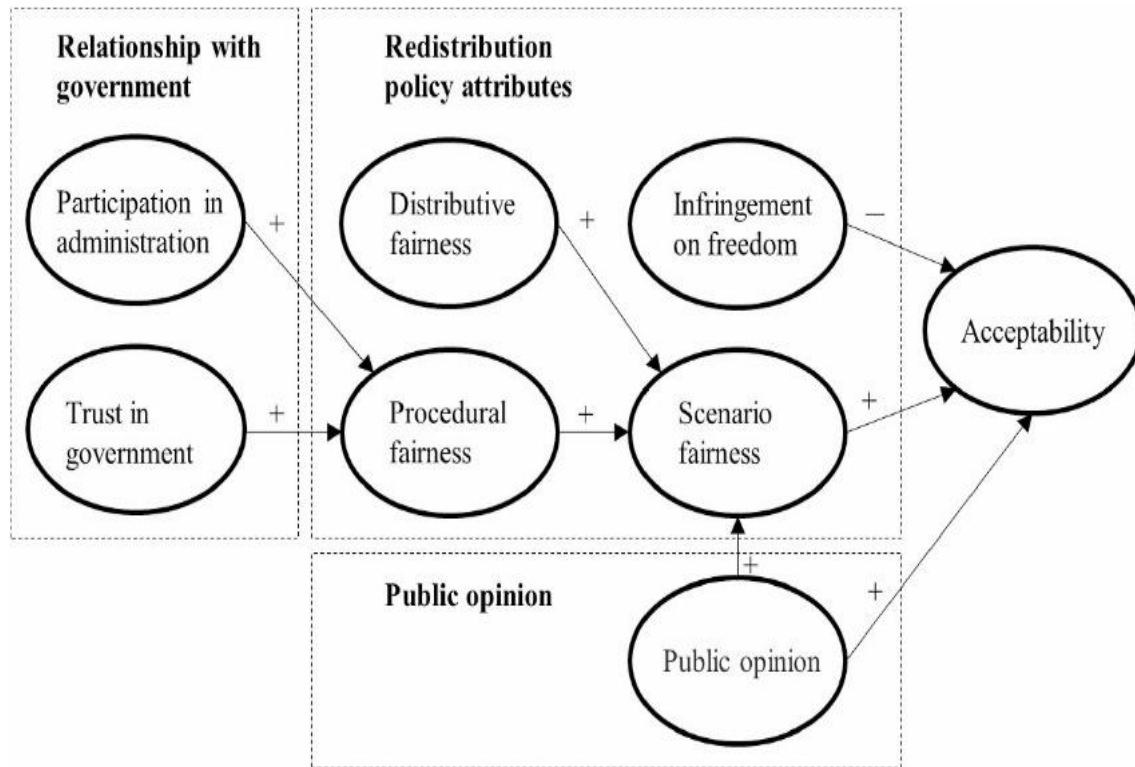


Figura 13: Fattori chiave che incidono sull'accettabilità pubblica delle politiche di tariffazione della congestione.

Fonte: Road pricing acceptability and persuasive communication effectiveness ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)).

#### 4.4.1 Abitudini consolidate

Le abitudini di mobilità, una volta stabilite, tendono a essere difficili da modificare. L'introduzione di pedaggi in aree precedentemente gratuite può generare forte opposizione, soprattutto se percepita come una misura punitiva. Tuttavia, nei contesti in cui tali abitudini non sono ancora radicate, la resistenza risulta minore. Un caso emblematico è quello di Singapore, dove il sistema di tariffazione elettronica ERP (Electronic Road Pricing) è stato introdotto senza incontrare significativa opposizione. Questo fu possibile perché il provvedimento venne adottato in una fase di rapido sviluppo economico, in cui la motorizzazione privata era ancora limitata. In questo modo, il sistema di pedaggio ha contribuito a modellare comportamenti di mobilità compatibili con gli obiettivi di sostenibilità urbana, evitando l'esplosione della congestione grazie a un controllo preventivo e strutturato del traffico.

#### 4.4.2 Percezione della necessità

La percezione soggettiva del problema della congestione gioca un ruolo decisivo. Se la popolazione considera la congestione stradale un problema prioritario, è più propensa ad accettare misure drastiche per affrontarla. Un esempio significativo è quello di Londra: già nel 1999, un sondaggio indipendente mostrava che il 46% dei cittadini considerava il trasporto pubblico inadeguato e il 33% riteneva la congestione un problema urgente. Questo clima di insoddisfazione sociale preparò il terreno all'introduzione della London Congestion Charge. Anche a Stoccolma, dove inizialmente la maggior parte della popolazione si opponeva alla tariffazione, la realizzazione di un programma pilota permise di dimostrarne i benefici tangibili e a seguito del test, i residenti si espressero a favore dell'adozione permanente della misura.

|              | 2002  |        | 2003  |        | Percentage change |
|--------------|-------|--------|-------|--------|-------------------|
| Cars         | 771   | (47%)  | 507   | (35%)  | -34%              |
| Vans         | 287   | (18%)  | 273   | (19%)  | -5%               |
| Trucks       | 73    | (4%)   | 68    | (5%)   | -7%               |
| Taxis        | 256   | (16%)  | 312   | (21%)  | 22%               |
| Buses        | 54    | (3%)   | 65    | (5%)   | 21%               |
| Motorcycles  | 129   | (8%)   | 137   | (9%)   | 6%                |
| Bicycles     | 69    | (4%)   | 89    | (6%)   | 28%               |
| All vehicles | 1,640 | (100%) | 1,451 | (100%) | -12%              |

*Figura 14: Impatto della Congestion Charge sul traffico nella zona dove è attiva. Valori in migliaia di veicoli al chilometro e in forma percentuale. Fonte: "Transport for London".*

#### 4.4.3 Determinazione politica

La volontà e la capacità della classe dirigente di sostenere la misura, anche in presenza di opposizione pubblica iniziale, rappresentano un prerequisito essenziale per il successo della politica. Ancora una volta, l'esempio di Stoccolma evidenzia come una leadership politica determinata abbia permesso di portare avanti il progetto, ottenendo in seguito il sostegno popolare. Al contrario, il tentativo di introdurre la tariffazione a New York nel 2007 fallì proprio a causa della mancanza di volontà politica e di una visione strategica condivisa.

#### **4.4.4 Disponibilità di trasporti alternativi**

Un'infrastruttura di trasporto pubblico efficiente, capillare e accessibile è una condizione essenziale per garantire l'equità della misura e la sua accettazione sociale. Gli utenti devono poter disporre di alternative valide all'automobile privata. A Londra, l'entrata in vigore della Congestion Charge fu accompagnata da un sistema di trasporti ben strutturato, comprensivo di metropolitana, treni e autobus. A livello europeo, il progetto TransPrice ha evidenziato come il miglioramento del trasporto pubblico sia una leva fondamentale per rafforzare l'accettabilità della tariffazione in diverse città.

#### **4.4.5 Partecipazione dei cittadini**

Il coinvolgimento attivo della popolazione nei processi decisionali aumenta la percezione di equità e legittimità della politica. Quando i cittadini si sentono parte del processo, sono più inclini ad accettare le misure adottate. In Taiwan, nonostante studi approfonditi dal 2000, il governo non ha mai implementato un sistema di tariffazione urbana, principalmente a causa della mancata partecipazione della cittadinanza e, quindi, del supporto sociale.

#### **4.4.6 Infrastruttura tecnologica e tutela della privacy**

Le tecnologie utilizzate per monitorare e applicare le tariffe influenzano l'accettabilità del sistema. Sono sempre più diffusi strumenti come il Riconoscimento Automatico delle Targhe (ALPR), un sistema tecnologico che, tramite telecamere e algoritmi di riconoscimento ottico, consente di identificare e registrare in tempo reale le targhe dei veicoli. Questa tecnologia è utilizzata in diversi sistemi di tariffazione della congestione, in quanto permette di monitorare gli accessi, applicare pedaggi e analizzare i flussi di traffico. Tuttavia, la sua diffusione solleva interrogativi legati alla protezione dei dati personali e alla trasparenza nella gestione delle informazioni raccolte. Una gestione sicura e regolamentata della raccolta e conservazione dei dati rappresenta un elemento cruciale per mitigare l'opposizione pubblica. Tuttavia, va sottolineato che senza tali tecnologie avanzate, i sistemi di tariffazione innovativa risulterebbero meno efficienti e affidabili.

#### **4.4.7 Percezione dell'uso dei fondi**

Un'altra fonte di diffidenza è la convinzione che i proventi della tariffazione costituiscano una mera tassa aggiuntiva, priva di benefici concreti per la collettività. È pertanto essenziale dimostrare in modo chiaro come i ricavi vengano reinvestiti in progetti di interesse pubblico. A Londra, ad esempio, tutti i profitti derivanti dalla Congestion Charge sono stati destinati al miglioramento del sistema di trasporto urbano. Inoltre, sono state avviate campagne di comunicazione per informare i cittadini sui benefici reali prodotti dalla misura.

In sintesi, l'accettabilità pubblica è un elemento imprescindibile per la riuscita delle politiche di tariffazione della congestione. Fattori come le abitudini consolidate, la percezione dell'urgenza del problema, la determinazione politica, la presenza di valide alternative di trasporto, la partecipazione dei cittadini, la trasparenza nell'uso delle tecnologie e la destinazione dei ricavi raccolti sono tutti aspetti che influenzano profondamente la risposta sociale a queste misure. Comprendere e integrare questi elementi nella fase di progettazione delle politiche può fare la differenza tra il successo e il fallimento dell'intervento.

### **4.5 PERCEZIONE DI INGIUSTIZIA, EQUITÀ E SOSTENIBILITÀ SOCIALE**

Uno degli aspetti più delicati nella progettazione di politiche di tariffazione della congestione riguarda la percezione di equità da parte della popolazione. Studi recenti mostrano come variazioni rapide delle tariffe in brevi intervalli temporali possano generare un senso di ingiustizia e di costrizione, soprattutto quando i cittadini sono consapevoli del fatto che altre persone pagano un prezzo differente per lo stesso servizio. Tuttavia, tale percezione negativa può essere attenuata se le tariffe si basano su criteri generici e demografici, come l'orario o la zona, piuttosto che su informazioni personali e dettagliate del singolo individuo.

Le problematiche legate all'equità si articolano su due livelli distinti: l'accessibilità economica e l'equità territoriale. Nel primo caso, la questione riguarda le disuguaglianze nel potere d'acquisto: mentre alcune persone possono permettersi facilmente di pagare un pedaggio, altre potrebbero dover modificare le proprie abitudini di spostamento per motivi economici. L'equità spaziale, invece, fa riferimento alle differenze di impatto che la tariffazione può avere su chi vive o lavora all'interno o

all'esterno delle aree soggette a pedaggio. In altre parole, una stessa misura può penalizzare in modo diseguale categorie di utenti in base alla loro collocazione geografica.

Proprio per questo, la percezione di giustizia sociale deve essere centrale nella fase di progettazione delle politiche di congestion pricing. Garantire un sistema equo e sostenibile nel tempo è essenziale per rafforzare la legittimità della misura e garantirne l'efficacia.

#### 4.6 RACCOLTA DEI PROVENTI E DESTINAZIONE DEI FONDI

Anche se l'obiettivo primario di queste politiche non è quello di generare profitto, la gestione delle entrate e soprattutto la destinazione dei fondi raccolti sono elementi che influenzano profondamente l'opinione pubblica. Alcuni esempi concreti dimostrano quanto possano essere significative le somme generate: ad esempio, il report annuale di Transport for London evidenzia che nel solo anno fiscale 2003/2004 la Congestion Charge di Londra ha prodotto un ricavo netto superiore a 90 milioni di sterline, che è stato destinato principalmente al miglioramento dei servizi di trasporto: *"Other valuable benefits in and around the zone were: the welcome reductions in road traffic accidents; lowered air pollutants; and net revenues of over £90 million, which have been principally reinvested into improving bus services as well as road safety, walking and cycling"*<sup>3</sup> (Transport for London, 2004, p.17).

Un altro esempio è rappresentato dalle corsie HOT sull'autostrada I-15 di San Diego, che riportano quanto segue: *"FasTrak revenue from tolls on I-15 ranges between \$1.2 to \$2.2 million per fiscal year (July 1st to June 30th) and net income from the program is used*

---

<sup>3</sup>Traduzione: "Altri benefici rilevanti nella zona e nei dintorni sono stati: la gradita riduzione degli incidenti stradali; l'abbassamento degli inquinanti atmosferici; e ricavi netti superiori a 90 milioni di sterline, reinvestiti principalmente nel miglioramento dei servizi autobus, della sicurezza stradale, della mobilità pedonale e ciclabile."

*to subsidize Commuter Express Bus service in the corridor”*<sup>4</sup> (Federal Highway Administration, 2008).

La trasparenza nell'uso dei fondi rafforza notevolmente l'accettazione della misura da parte della cittadinanza. Quando gli utenti percepiscono chiaramente che le entrate generate vengono reinvestite in modo efficace e visibile, ad esempio nel miglioramento del trasporto pubblico, nella sicurezza stradale e nelle infrastrutture per la mobilità sostenibile, cresce la fiducia nelle istituzioni e si riducono le resistenze. Questo processo contribuisce a creare un circolo virtuoso in cui la misura di tariffazione è vista non solo come un costo, ma come un investimento collettivo per la qualità della vita urbana, favorendo così una più ampia adesione e rispetto delle regole.

## **4.7 TRANSIZIONE ECOLOGICA E RIDUZIONE DELLA DIPENDENZA DAL PETROLIO**

In un contesto di crescente attenzione verso le tematiche ambientali, le politiche di congestion pricing possono rappresentare un importante strumento per favorire la transizione ecologica. Nonostante l'attenzione crescente verso la mobilità sostenibile, i dati aggiornati al 2025 forniti dall'Automobile Club d'Italia evidenziano che le alimentazioni tradizionali, diesel e benzina, continuano a dominare il mercato automobilistico italiano, con una quota complessiva superiore al 78%. In particolare, il diesel rappresenta il 41,9% delle immatricolazioni, mentre la benzina si attesta al 36,6%. Questo scenario sottolinea quanto il cambiamento verso soluzioni più ecologiche sia ancora in fase iniziale e affronti diverse resistenze.

Parallelamente, si registra una crescita progressiva ma lenta delle vetture ibride benzina/elettrico, che hanno raggiunto l'8,7% del totale delle immatricolazioni, segnando un aumento significativo rispetto al 6,8% registrato nell'anno precedente. Anche le auto elettriche utilizzate, pur rappresentando ancora una quota marginale, mostrano segnali di incremento, passando dallo 0,7% all'1% del totale in un anno.

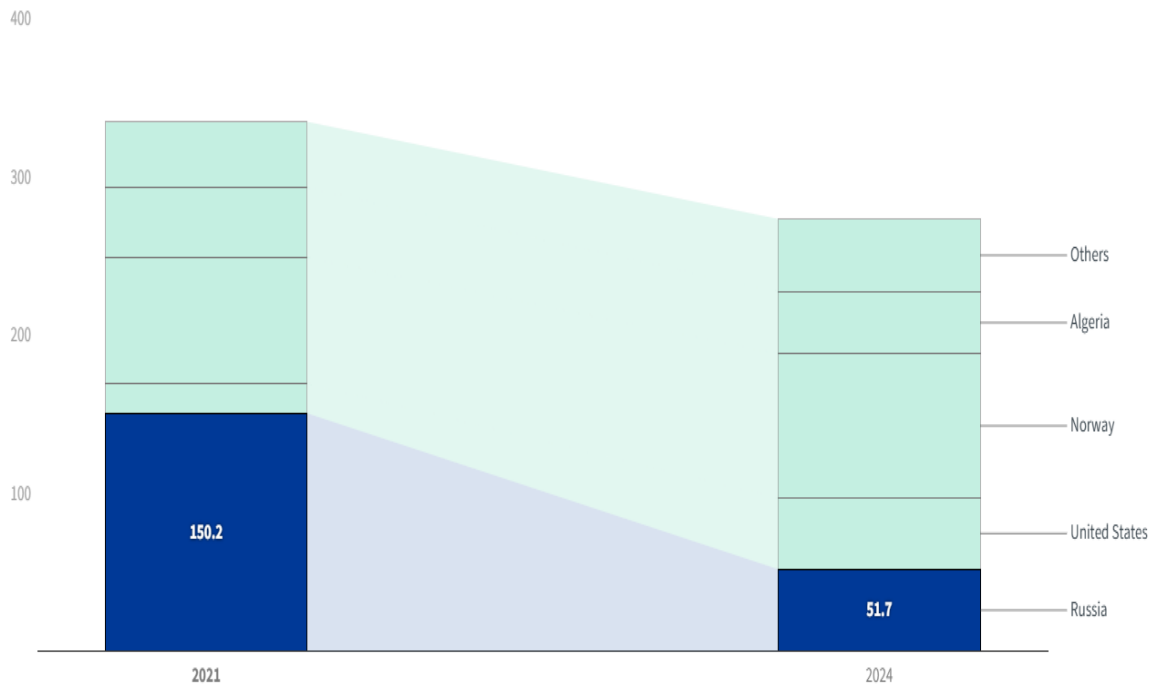
---

<sup>4</sup> Traduzione: *“I ricavi FasTrak derivanti dai pedaggi sulla I-15 variano tra 1,2 e 2,2 milioni di dollari per anno fiscale (dal 1° luglio al 30 giugno) e il reddito netto del programma viene utilizzato per sovvenzionare il servizio autobus Commuter Express nel corridoio.”*

Questi dati indicano che, sebbene la transizione verso la mobilità elettrica e ibrida sia in atto, essa procede ancora con ritmi moderati. Ciò evidenzia la necessità di politiche più incisive e incentivi mirati per accelerare l'adozione di veicoli a basse emissioni, fondamentali per raggiungere gli obiettivi ambientali e climatici fissati a livello nazionale ed europeo. Tra le leve più efficaci vi potrebbe essere proprio l'esenzione dal pagamento dei pedaggi per i veicoli a basse o zero emissioni, contribuendo così a rendere più vantaggioso l'acquisto di auto ecologiche.

Inoltre, la riduzione dell'uso di combustibili fossili mantiene una rilevanza strategica fondamentale a livello geopolitico. L'Unione Europea continua a dipendere in misura significativa dalle importazioni di gas e petrolio, in particolare dalla Russia, il che espone i Paesi membri a rischi legati alla volatilità dei prezzi energetici e a possibili pressioni politiche. Sebbene la quota di gas importato dalla Russia sia diminuita dal 45% nel 2021 al 19% nel 2024 (si vedano la [Figura 15](#) e la [Figura 16](#)), e la Commissione Europea abbia proposto una roadmap per eliminare completamente queste importazioni entro il 2027, permangono sfide notevoli legate alla sicurezza dell'approvvigionamento e alla dipendenza da altri fornitori strategici. In questo scenario, le politiche volte a ridurre il traffico veicolare e a incentivare la mobilità sostenibile risultano cruciali non solo per gli obiettivi ambientali, ma anche per rafforzare la sicurezza energetica europea, diminuendo la domanda di combustibili fossili nel settore dei trasporti e contribuendo così all'autonomia strategica dell'UE.



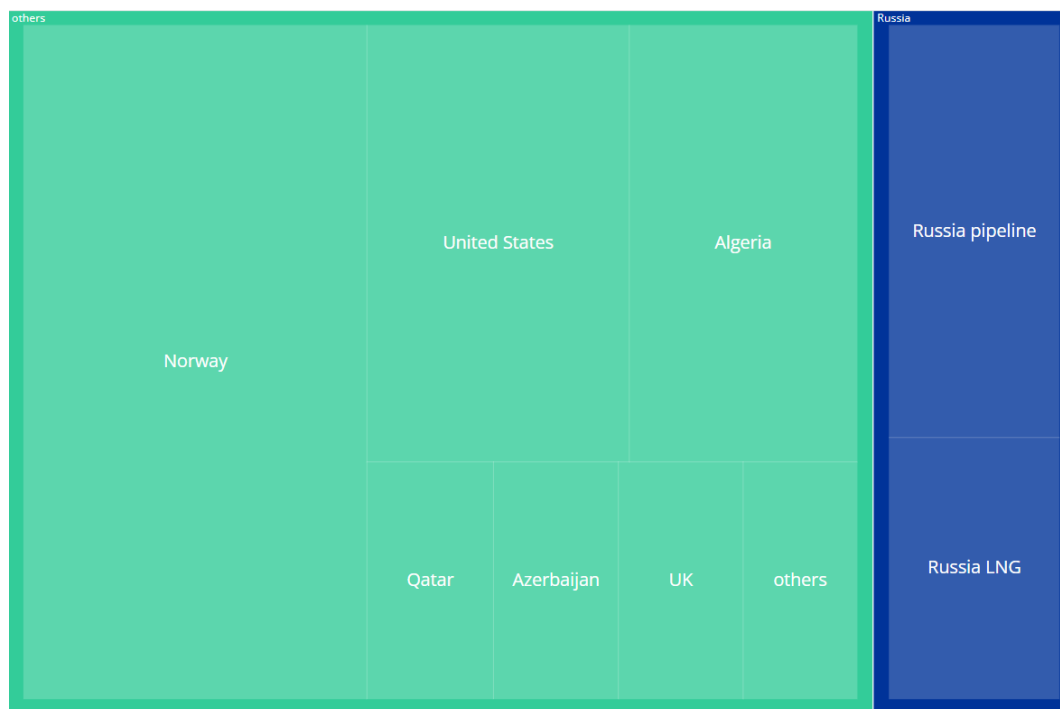


Source: European Commission based on ENTSO-G and LSEG

*Figura 15: Grafico a barre che mette a confronto l'approvvigionamento di gas all'UE dai suoi principali partner nel 2021 e nel 2024.*

*Le importazioni dalla Russia sono scese da oltre 150 miliardi di metri cubi (m³) nel 2021 a meno di 52 miliardi di m³ nel 2024. Questa riduzione è stata compensata principalmente dall'aumento delle importazioni da altri partner. Le importazioni dagli Stati Uniti sono aumentate da 18,9 miliardi di m³ nel 2021 a 45,1 miliardi di m³ nel 2024. Le importazioni dalla Norvegia sono cresciute da 79,5 miliardi di m³ nel 2021 a 91,1 miliardi di m³ nel 2024. Le importazioni da altri partner sono passate da 41,6 miliardi di m³ nel 2021 a 45 miliardi di m³ nel 2024.*

*Fonte: Commissione europea sulla base di ENTSG e di LSEG.*



Source: European Commission based on ENTSO-G and LSEG

Figura 16: Mappa ad albero che indica le quote e i valori di mercato (in miliardi di m³) per i vari fornitori di gas all'UE nel 2024.

Norvegia: 33,4% - 91,1 miliardi di m³

Stati Uniti: 16,5% - 45,1 miliardi di m³

Algeria: 14,4% - 39,2 miliardi di m³

Russia (gasdotto): 11,6% - 31,6 miliardi di m³

Russia (GNL): 7,3% - 20 miliardi di m³

Regno Unito: 4,3% - 11,7 miliardi di m³

Azerbaijan: 4,3% - 11,7 miliardi di m³

Qatar: 4,3% - 11,7 miliardi di m³

Altri: 3,9% - 10,6 miliardi di m³

Fonte: Commissione europea sulla base di ENTSOG e di LSEG.

## **5 ELASTICITÀ DELLA DOMANDA E IMPLICAZIONI PER LE POLITICHE DI TARIFFAZIONE**

---

### **5.1 COSTO MEDIO E COSTO SOCIALE MARGINALE**

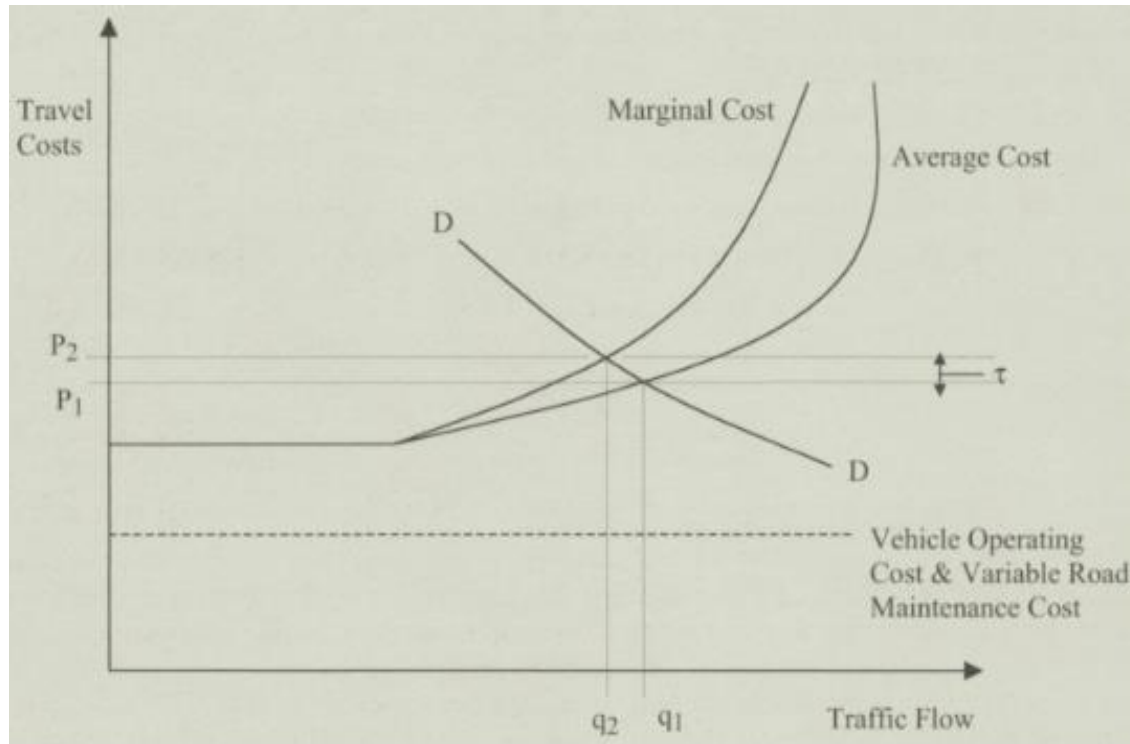
Durante le ore di punta, numerose infrastrutture stradali risultano soggette a fenomeni di congestione, con conseguenze negative in termini di tempi di percorrenza, costi ambientali e qualità della vita. Secondo l'approccio economico, la causa di tale congestione risiede in una distorsione nel prezzo da pagare: il costo sociale marginale supera il costo medio (Hau, 1992; Mohring, 1999; Small e Gomez-Ibanez, 1997; Walters, 1968).

Nel contesto della teoria economica dei trasporti, la distinzione tra costo medio e costo marginale riveste un ruolo cruciale nella determinazione del livello ottimale di utilizzo di un'infrastruttura stradale. Il costo medio (Average Cost, AC) rappresenta il costo unitario sostenuto da ciascun utente per utilizzare l'infrastruttura, mentre il costo sociale marginale (Marginal Cost, MC) riflette l'incremento del costo totale derivante dall'aggiunta di un'ulteriore unità di traffico.

Quando il costo marginale risulta superiore al costo medio ( $MC > AC$ ), ciò indica che il costo medio è in aumento. In termini pratici, questo accade quando il traffico ha superato un certo livello di saturazione e ogni veicolo aggiuntivo contribuisce in maniera crescente alla congestione. In questo regime, il sistema di trasporto è inefficiente: l'utilizzo della strada da parte di un nuovo utente genera costi aggiuntivi che non ricadono solo su di lui, ma anche sugli altri utenti, sotto forma di maggiori tempi di viaggio e minori prestazioni complessive del sistema.

Questa differenza tra costo marginale e costo medio rappresenta un'esternalità negativa: un effetto collaterale che l'utente non internalizza nel momento in cui decide di viaggiare. Per correggere questa inefficienza, la teoria economica propone l'introduzione di un pedaggio ottimale, pari proprio alla differenza tra costo marginale e costo medio nel punto di equilibrio inefficiente (relativo alla quantità  $q_1$  nella [Figura 17](#)). Questo pedaggio, rappresentato con la lettera  $\tau$ , serve a far sì che ciascun utente paghi anche per il danno (in termini di congestione) che arreca agli altri, orientando la domanda verso un nuovo equilibrio più efficiente, in corrispondenza del flusso  $q_2$ , dove il costo privato coincide con il costo sociale.

Attraverso questo meccanismo, la tariffazione non si configura come una penalizzazione, ma come uno strumento correttivo che consente di internalizzare i costi esterni e di migliorare il benessere collettivo, riducendo il traffico nelle fasce orarie più congestionate e promuovendo un uso più razionale delle infrastrutture.



*Figura 17: Prezzo ottimale della domanda di trasporto.  
Fonte: The toll-price component of travel demand elasticity.*

La [Figura 17](#) rappresenta graficamente tale concetto. La curva della domanda D-D mostra il valore che gli utenti attribuiscono al viaggio, mentre le curve del costo medio e del costo marginale illustrano i costi associati al traffico crescente. Il prezzo pagato dagli automobilisti in assenza di pedaggio è  $P_1$ , corrispondente al costo medio in  $q_1$ . Tuttavia, il costo reale per la collettività è superiore, pari a  $P_2$ , che include anche la congestione marginale generata da ciascun veicolo.

Per riportare il traffico al livello socialmente ottimale  $q_2$  si introduce il pedaggio pari a  $\tau = P_2 - P_1$ , ossia la differenza tra costo marginale e costo medio. Questa forma di tariffazione al costo marginale disincentiva l'ingresso in strada dei veicoli meno disposti a pagare, riducendo la congestione.

L'effetto di tale variazione di prezzo può essere misurato attraverso l'elasticità della domanda di viaggio rispetto al prezzo, espressa come:

$$E = \frac{(q_2 - q_1)/q_1}{(p_2 - p_1)/p_1}$$

Questa elasticità è un parametro chiave per definire politiche di tariffazione ottimali e per stimare l'efficacia degli interventi infrastrutturali. Tuttavia, la risposta al prezzo non è uniforme, poiché gli utenti sono eterogenei per caratteristiche socio-economiche, necessità di spostamento e disponibilità a pagare. Inoltre, la risposta alla variazione del costo di viaggio può variare in funzione della componente specifica su cui interviene (es. carburante, parcheggio, pedaggio, tempo, ecc.).

Per questo motivo, la letteratura distingue l'elasticità complessiva in base alle singole componenti del costo di viaggio (Lee, 2000; Victoria Transport Policy Institute, 2002), tra cui:

- costi operativi (carburante, manutenzione),
- parcheggi,
- pedaggi,
- tempi di percorrenza,
- rischio di incidenti e assicurazioni,
- proprietà e usura del veicolo.

| Component               | Elasticity Estimate | Source                       |
|-------------------------|---------------------|------------------------------|
| Fuel                    | -0.05 to -0.55      | Johansson and Schipper, 1997 |
|                         | -0.16 to -0.33      | Goodwin, 1992                |
|                         | -0.1                | Luk and Hepburn, 1993        |
|                         | -0.18 to -0.22      | TRACE, 1999                  |
|                         | -0.3                | INFRAS, 2000                 |
|                         | -0.16 to -0.26      | Jong and Gunn, 2001          |
|                         | -0.05 to -0.55      | Ingram and Liu, 1999         |
| Parking                 | -0.15               | Lee, 2000                    |
|                         | -0.11 to -0.16      | TRACE, 1999                  |
| Tolls                   | See Table 2         |                              |
| Travel Time             | -0.28 to -0.80      | TRACE, 1999                  |
|                         | -0.38 to -0.68      | Lee, 2000                    |
|                         | -0.27 to -1.33      | Goodwin, 1996                |
| Accidents and Insurance | None found          |                              |
| Wear and Ownership      | -0.12 to -0.31      | Lee, 2000                    |
| Overall Operating Costs | -0.09 to -0.52      | Oum, Waters, and Yong, 1992  |
|                         | -0.06 to -0.28      | Ingram and Liu, 1999         |

*Figura 18: Componenti dell'elasticità della domanda di trasporto autostradale.*

*Fonte: The toll-price component of travel demand elasticity.*

## 5.2 ASPETTI STRUTTURALI DELLA DOMANDA DI MOBILITÀ SU GOMMA

Esiste un ampio consenso nella letteratura secondo cui, in media, la domanda di trasporto risulta piuttosto anelastica rispetto al prezzo. Le evidenze empiriche disponibili sui valori di elasticità confermano questa tendenza. I valori più comuni di elasticità si collocano infatti in un intervallo compreso tra -0,2 e -0,3, con una variabilità che va da -0,03 a -0,5. Tali stime rappresentano elasticità medie, che tuttavia non sempre tengono conto, nei modelli economici, delle differenze tra contesti territoriali, modalità di trasporto o caratteristiche dell'utenza.

Diversi autori hanno individuato specifici fattori che influenzano la sensibilità della domanda rispetto al prezzo e hanno constatato che i valori più bassi di elasticità si riscontrano generalmente per infrastrutture come, per fare un esempio, ponti situati in

aree metropolitane fortemente congestionate degli Stati Uniti. In questi casi, il basso livello del pedaggio rispetto agli altri costi del viaggio (come il carburante) riduce l'impatto del prezzo sulla domanda.

Altri studi, come quello di Wuestefeld e Regan (1981), evidenziano che la reazione della domanda dipende da variabili quali lo scopo del viaggio, la frequenza con cui viene effettuato, l'esistenza di un'alternativa gratuita e la durata complessiva dello spostamento. In modo analogo, Hirschman et al. (1995) osservano che la domanda tende a essere più elastica in presenza di valide alternative gratuite.

Una parte rilevante della letteratura si è concentrata, inoltre, sulla risposta della domanda alle tariffe variabili nel tempo. Gifford e Talkington (1996), ad esempio, mostrano che l'impatto dei pedaggi su base settimanale presenta effetti complementari: un aumento del pedaggio in un determinato giorno comporta una riduzione del traffico non solo in quel giorno, ma anche negli altri giorni della settimana. Analogamente, Burris et al. (2001) rilevano che i viaggiatori hanno risposto positivamente a sconti nei periodi non di punta in due ponti della Florida. Gli effetti dell'elasticità, in questo caso, risultavano differenziati in base all'orario, suggerendo che l'introduzione di sistemi di tariffazione dinamica, basati su fasce orarie, possa contribuire a un uso più efficiente dell'infrastruttura stradale<sup>5</sup>.

Lo studio intitolato *"Demand Elasticity on Tolled Motorways"* di Anna Matas e José-Luis Raymond, dell'Università Autonoma di Barcellona, analizza la domanda di traffico sulle autostrade a pedaggio in Spagna attraverso un modello econometrico dinamico che considera vari fattori economici e infrastrutturali.

Negli anni '70, in Spagna, furono introdotti i pedaggi autostradali con l'obiettivo di finanziare la costruzione, la gestione e la manutenzione delle infrastrutture stradali, adottando un modello basato sul principio secondo cui ogni autostrada dovesse coprire autonomamente i propri costi.

A tal fine, è stato sviluppato un modello econometrico dinamico per l'analisi della domanda di traffico sulle autostrade a pedaggio, considerando variabili quali il prodotto interno lordo reale pro capite, il prezzo del carburante, i tempi e i costi di viaggio, nonché le caratteristiche specifiche delle singole tratte autostradali.

I risultati principali evidenziano che la domanda di traffico è positivamente correlata al livello di attività economica, con un'elasticità rispetto al PIL pari a circa 0,89 nel breve periodo e 1,41 nel lungo periodo. La sensibilità della domanda al prezzo del carburante

---

<sup>5</sup> Per approfondire l'argomento dell'elasticità rispetto ai pedaggi variabili nel tempo si veda il [sottocapitolo successivo](#).

risulta invece negativa, con elasticità di circa -0,34 nel breve termine e -0,53 nel lungo termine.

L'elasticità al pedaggio varia notevolmente tra le diverse tratte autostradali. Le sezioni dotate di alternative valide, come strade gratuite più veloci, mostrano una sensibilità maggiore ai prezzi, mentre le tratte turistiche o prive di alternative adeguate risultano meno elastiche. Anche fattori come la lunghezza del tragitto e la percentuale di traffico pesante influenzano significativamente la risposta degli utenti.

Questi risultati sottolineano l'importanza di considerare la rete infrastrutturale nel suo complesso nella definizione delle politiche tariffarie, poiché investimenti mirati a migliorare le strade alternative gratuite possono incrementare l'elasticità della domanda verso le autostrade a pedaggio che, in generale, si caratterizza per una scarsa elasticità complessiva.

Per concludere in generale studi empirici dimostrano che la domanda di trasporto è caratterizzata da una bassa elasticità e in particolare nel breve periodo risulta più rigida rispetto se si valuta lo stesso effetto nel lungo periodo. Mentre nel breve periodo, tale elasticità può riflettere il passaggio a modalità condivise, modifiche nei percorsi o la rinuncia al viaggio, nel lungo periodo, invece, le reazioni possono essere più strutturali, includendo cambiamenti nelle scelte residenziali o lavorative, con conseguente riallocazione spaziale della domanda di mobilità (Lee, Klein e Camus, 1999; Oum, Waters e Yong, 1992).

Inoltre, quando le alternative all'auto sono molteplici l'elasticità risulta più alta, perché le persone hanno più margine di scelta, quando il reddito dell'utente è basso, aumenta la sua sensibilità al prezzo e viaggi ad alto valore come emergenze di lavoro ed eventi speciali tendono ad essere meno sensibili ai costi, mentre le gite di piacere generalmente hanno una maggiore flessibilità nella scelta del giorno o dell'orario di partenza. Infine, risulta influente anche la frequenza di quello specifico itinerario: se ripetuto nel tempo, ad esempio per motivi universitari o lavorativi, la domanda rimane più rigida rispetto a un viaggio che avviene una volta tantum.

Il grafico a barre riportato in Figura 19 illustra la gerarchia del valore attribuito dagli utenti a differenti tipologie di viaggio. Sull'asse delle ascisse sono rappresentate le categorie di spostamento, mentre sull'asse delle ordinate è riportato il valore percepito dall'utente. L'andamento decrescente delle barre evidenzia come le motivazioni di viaggio più urgenti e necessarie vengano percepite come maggiormente rilevanti rispetto a quelle legate al tempo libero.

In particolare, i viaggi per emergenze si collocano al primo posto, seguiti dai viaggi per lavoro e da quelli connessi a grandi acquisti o eventi speciali. Progressivamente, il



valore attribuito diminuisce per le categorie di shopping impulsivo, attività ricreative, gite di piacere e, infine, per i viaggi puramente legati al piacere, che mostrano il livello di priorità più basso.

Questa distribuzione ha una diretta implicazione in termini di elasticità della domanda rispetto al prezzo, tempo dei pedaggi. I viaggi con alta valenza (ad esempio, emergenze o lavoro) tendono ad avere una domanda anelastica, poiché gli utenti sono meno propensi a modificare o rinunciare allo spostamento anche in presenza di variazioni di costo o condizioni avverse. Viceversa, i viaggi ricreativi o per piacere presentano una maggiore elasticità della domanda, risultando più sensibili a variazioni tariffarie o di accessibilità: l'utente è infatti più incline a rinviarli, sostituirli con altre attività o rinunciarvi del tutto.



*Figura 19: Valore relativo per tipologia di viaggio.  
Fonte: Victoria Transport Policy Institute.*

| <b>Autori</b>                 | <b>Anno</b> | <b>Range dei dati</b> | <b>Paese</b>   | <b>Elasticità stimata</b>                                 |
|-------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|-----------------------------------------------------------|
| Wuestefeld e Regan            | 1981        | 1981                  | USA            | Dipende da scopo, frequenza, durata, alternative          |
| Hirschman et al.              | 1995        | 12 anni               | USA            | Più elastica in presenza di alternative gratuite          |
| Gifford e Talkington          | 1996        | 1979-1984             | USA            | Effetto su più giorni della settimana (complementare)     |
| Burris et al.                 | 2001        | 2001                  | USA (Florida)  | Risposta positiva a sconti off-peak (elasticità oraria)   |
| Matas e Raymond               | 2003        | 1985-1999             | Spagna         | -0,25 a -0,5 (dipende dalla tratta e dalle alternative)   |
| Studi generali di letteratura | Vari        | x                     | Internazionale | Valori medi tra -0,2 e -0,3; variabilità: da -0,03 a -0,5 |

*Tabella 2 : Confronto finale dei vari studi.*

### 5.3 ELASTICITÀ E TIPOLOGIE DI PEDAGGIO: FISSO VS VARIABILE

Un aspetto centrale nella valutazione dell'efficacia dei pedaggi riguarda la loro struttura temporale. I pedaggi a tariffa fissa, imposti in modo uniforme indipendentemente dall'orario, non permettono agli utenti di adattare il proprio comportamento in modo flessibile. Al contrario, i pedaggi variabili nel tempo, come quelli modulati in base alle fasce orarie, offrono agli automobilisti la possibilità di posticipare, anticipare o evitare il viaggio nelle fasce più costose, riducendo in modo più efficace la congestione.

Le due modalità producono effetti differenti sull'elasticità della domanda. Le formule a seguire sintetizzano questo concetto.

**Elasticità con pedaggio variabile:**

$$E_{T-variabile} = \frac{\Delta q(\Delta T_r, \Delta T_m, \Delta T_a, \Delta T_t)/q}{\Delta P/P} = \frac{(\Delta T_r + \Delta T_m + \Delta T_a + \Delta T_t)/q}{\Delta P/P}$$

### Elasticità con pedaggio fisso:

$$E_{T-Fisso} = \frac{(\Delta T_r + \Delta T_m + \Delta T_a)/q}{\Delta P/P}$$

Dove:

- $\Delta T_r$ : variazione del traffico per cambio di percorso
- $\Delta T_m$ : variazione del traffico per cambio modalità di trasporto
- $\Delta T_a$ : viaggi abbandonati
- $\Delta T_t$ : viaggi spostati nel tempo

Come si nota, la componente  $\Delta T_t$  è assente nel caso del pedaggio fisso, poiché l'automobilista non ha incentivi a cambiare orario. Ne consegue che:

$$E_{T-Variabile} = E_{T-Fisso} + \frac{P \times \Delta T_t}{q \times \Delta P}$$

Poiché  $\frac{P \times \Delta T_t}{q \times \Delta P} > 0$ , si ottiene la relazione:

$$E_{T-Variabile} > E_{T-Fisso}$$

Questo risultato conferma che l'elasticità della domanda è maggiore nel caso della tariffazione variabile, rendendo quest'ultima una strategia più efficace per la gestione della domanda in presenza di congestione.

In conclusione, l'introduzione di pedaggi stradali, in particolare variabili, rappresenta uno strumento efficace per orientare la domanda di mobilità verso configurazioni più efficienti e sostenibili. La stima e l'interpretazione delle elasticità della domanda rispetto al prezzo del viaggio costituiscono quindi un elemento cruciale nella progettazione di politiche di regolazione della congestione stradale.

### **5.3.1 Evidenze empiriche sull'elasticità della domanda rispetto ai pedaggi variabili**

Sono numerose le evidenze internazionali che analizzano l'impatto delle tariffe variabili sul comportamento degli automobilisti, fornendo stime di elasticità della domanda rispetto al prezzo del pedaggio. Tra i casi più emblematici, vi è quello della State Route 91 nei pressi di Los Angeles, California. Dal dicembre 1995, gli automobilisti possono scegliere se percorrere corsie gratuite o corsie a pagamento con tariffazione variabile. In questo contesto, i ricercatori hanno stimato:

- un'elasticità compresa tra -0,9 e -1,0 per la modifica dell'orario di viaggio;
- e un'elasticità di circa -0,75 per il passaggio dalla corsia a pagamento a quella gratuita (Sullivan, 2000).

Un altro caso interessante è quello della I-15 nei pressi di San Diego, dove dal 1998 è operativa una corsia HOT (High Occupancy Toll) con tariffazione dinamica. Anche in questo caso, le opzioni a disposizione degli automobilisti sono molteplici (corsia a pagamento, corsia gratuita o car pooling). La complessità del contesto ha reso più difficile l'identificazione dell'elasticità, ma le stime prodotte (San Diego Association of Governments, 1999) indicano valori compresi tra -0,34 e -0,42, in risposta a variazioni del pedaggio massimo consentito.

Il Singapore Area Licensing Scheme (ALS), introdotto nel 1975, ha rappresentato uno dei primi esempi di tariffazione della congestione. L'introduzione dei pedaggi ha ridotto drasticamente il traffico in entrata nel centro città. Tuttavia, data l'introduzione ex novo della tariffa (variazione teoricamente infinita), non è stato possibile calcolare un'elasticità precisa. A partire dal 1989, la riduzione del 40% del pedaggio nelle ore mattutine ha portato a un aumento del traffico del 10%, con un'elasticità stimata pari a -0,254 (Menon, Lam e Fan, 1993). L'introduzione nello stesso anno di un pedaggio pomeridiano ha prodotto una riduzione del traffico fino al 53% (Small e Gomez-Ibanez, 1997; Seik, 1997).

Nel 1990, sulla Hardy Toll Road di Houston (Texas) è stato introdotto per tre mesi uno sconto del 50% sul pedaggio fuori punta (10:00–14:00). Il traffico in quella fascia è aumentato tra il 20% e il 40%, corrispondente a un'elasticità compresa tra -0,4 e -0,8 (Spock, 1998). Tali stime suggeriscono che la variazione di traffico è stata generata da spostamenti temporali o modali, piuttosto che da viaggi completamente abbandonati.

L'evidenza empirica relativa a strutture con pedaggio variabile è caratterizzata da un'elevata volatilità che potrebbe essere spiegata dalle differenze sia nelle

caratteristiche dell'infrastruttura che nella popolazione di automobilisti. Tuttavia, gli studi esaminati mostrano che, sebbene la domanda di trasporto rispetto al prezzo del pedaggio sia generalmente rigida, con valori medi di elasticità compresi tra -0,2 e -0,3, l'introduzione di tariffe variabili può rendere il comportamento degli utenti più reattivo alle variazioni di prezzo. In altri termini, pur non trasformando la domanda in pienamente elastica, la tariffazione variabile aumenta la sensibilità degli automobilisti, avvicinandola a un profilo di domanda più elastico.

| <b>Autori</b>                                  | <b>Anno</b> | <b>Range dei dati</b> | <b>Paese</b>                   | <b>Elasticità stimata</b>                                                              |
|------------------------------------------------|-------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Sullivan et al.                                | 2000        | 1995-2000             | SR-91, Los Angeles (USA)       | -0,9 ÷ -1,0 (spostamento orario)<br>-0,75 (passaggio da corsia a pagamento a gratuita) |
| San Diego Association of Governments (SANDAG)  | 1999        | 1998-1999             | I-15 HOT Lane, San Diego (USA) | -0,34 ÷ -0,42 (rispetto al pedaggio massimo dinamico)                                  |
| Menon, Lam & Fan / Small & Gomez-Ibanez / Seik | 1997        | 1989-1997             | ALS, Singapore                 | -0,254 (riduzione pedaggio mattutino del 40 %)                                         |
| Spock                                          | 1990        | 3 mesi (sconto 50 %)  | Hardy Toll Road, Houston (USA) | -0,4 ÷ -0,8 (incrementi di traffico 20-40 %)                                           |

*Tabella 3: Confronto finale dei vari studi sull'elasticità rispetto ai pedaggi variabili nel tempo.*

## 6 IL CASO STUDIO

### 6.1 ANALISI PRELIMINARI

Per l'analisi in oggetto è stata inizialmente condotta un'indagine qualitativa tramite interviste, con l'obiettivo di raccogliere i requisiti espressi dalla *Voice of Customer* e comprendere le principali esigenze degli utenti. Sulla base delle informazioni emerse, è stato successivamente elaborato un questionario strutturato, somministrato a un campione di 50 persone. Lo scopo dell'indagine era quello di individuare quali azioni possano influenzare in misura maggiore le scelte dei potenziali utenti autostradali nel pianificare il proprio itinerario in fasce orarie notturne piuttosto che diurne.

*Cosa potrebbe incentivarti a viaggiare di notte piuttosto che di giorno con riferimento alle tratte autostradali ?*

Il questionario è completamente anonimo.

\* Indica una domanda obbligatoria

**Tariffe autostradali più basse durante la notte. \***

☐ molto poco incentivante

☐ poco incentivante

☐ abbastanza incentivante

☐ molto incentivante

☐ assolutamente incentivante

**Con riferimento al quesito precedente, qual è il differenziale minimo di prezzo che ti motivi a spostare l'itinerario in fasce orarie notturne piuttosto che diurne ? \***

☐ -5%

☐ -10%

☐ -20%

☐ -30%

☐ più del -30%

**La presenza di stazioni di servizio, ristoranti, e aree di sosta attive durante la notte, con orari prolungati. \***

☐ molto poco incentivante

☐ poco incentivante

☐ abbastanza incentivante

Figura 20: Esempio della prima pagina del questionario utilizzato durante la fase di indagine preliminare.

In linea con la letteratura la domanda aggregata è risultata anelastica: la maggior parte dei rispondenti ha infatti ritenuto che il differenziale minimo di prezzo che li motivasse a viaggiare di notte piuttosto che di giorno fosse almeno di un -30%<sup>6</sup> di differenza o più. Inoltre, si sono rivelati fortemente rilevanti per quanto riguarda la valutazione dei consumatori:

- eventuali miglioramenti nel comfort dei mezzi di trasporto pubblici, in termini di sedili più confortevoli, Wi-Fi o altre eventuali comodità accessorie;
- la presenza di un numero inferiore di camion nel tratto autostradale;
- punti di assistenza autostradale notturna (come servizio di traino o pronto intervento in caso di guasto);
- una migliore illuminazione e visibilità;
- sconti pari ad almeno il -20% nei servizi accessori di rifornimento carburante presenti lungo il tratto autostradale;
- la presenza di stazioni di servizio, ristoranti, e aree di sosta attive durante la notte con orari prolungati.

Tuttavia, come analizzato precedentemente, l'elasticità della domanda non è un valore fisso, ma dipende fortemente dal contesto economico, infrastrutturale e comportamentale. In un'ottica integrata, politiche tariffarie più flessibili e localizzate che tengano conto delle specificità di ogni tratta possono aumentare l'accettabilità pubblica, ridurre gli impatti distributivi e promuovere una mobilità più sostenibile. Tali risultati confermano la necessità di un approccio basato sull'evidenza, capace di conciliare obiettivi ambientali, economici e sociali nella definizione dei futuri schemi di pricing stradale.

## **6.2 ORIGINE E BASI DEL MODELLO SVILUPPATO**

L'idea alla base del modello di tariffazione variabile qui proposto nasce dall'integrazione di tre concetti che si sono rivelati complementari nella definizione dell'approccio finale.

- I. Il primo spunto deriva da un lavoro relativo a una simulazione di modulazione tariffaria svolto nell'ambito del tirocinio formativo, durante il quale è stato necessario suddividere i volumi di traffico in percentuali ben definite, distinguendo

---

<sup>6</sup> Si rimanda all'[Appendice D](#) per visualizzare i risultati completi del questionario.

tra tratti montuosi e pianeggianti. A partire da questa classificazione, sono state quindi calcolate le tariffe specifiche per ciascun tipo di tratta e per le diverse categorie di veicolo: veicoli leggeri (classe A) e veicoli pesanti (classi B, 3, 4, 5). Tale esperienza ha permesso di comprendere in modo approfondito la logica sottostante a una tariffazione differenziata, orientata all'equità e all'efficienza.

- II. Il secondo elemento di ispirazione proviene da un'attività apparentemente scollegata dal tema delle tariffe: la valutazione degli indicatori di qualità del servizio. In tale occasione, è stato realizzato un modello in Excel per il calcolo e il monitoraggio di questi indicatori, secondo i parametri previsti dall'Autorità di Regolazione. Nonostante i 13 indicatori non fossero ancora operativi nella pratica, la struttura logica del sistema di valutazione è stata successivamente adattata al modello tariffario, in quanto perfettamente compatibile con l'idea di un meccanismo dinamico e parametrico. Il sistema di valutazione degli indicatori di qualità menzionato prevede infatti l'assegnazione di un premio o una penalità sulla componente tariffaria di gestione finale tramite l'applicazione di un differenziale percentuale compreso tra un massimo di +2% e un minimo di -2%, rispettivamente in corrispondenza dei livelli di performance definiti come best practice o soglia minima accettabile. Per i valori intermedi, il calcolo del differenziale avviene in modo lineare.

Questa stessa logica è stata adottata per il modello di tariffazione variabile sviluppato. In tal caso, le tariffe associate a ciascuna fascia oraria variano linearmente in funzione dei volumi di traffico previsti lungo l'intera giornata. Tuttavia, a differenza del sistema degli indicatori, l'intervallo percentuale applicato è stato ampliato: il differenziale previsto spazia infatti da un massimo del +15% a un minimo del -15%, scelta supportata dalle risposte dell'indagine preliminare condotta tramite il questionario. Come riportato in precedenza i risultati hanno confermato una domanda di mobilità generalmente anelastica, per cui solo differenziali tariffari incentivanti dell'ordine del 30% risultano realmente efficaci nel modificare le scelte temporali di viaggio. Sulla base di questi risultati, si è scelto di ricalibrare l'intensità del meccanismo di variazione tariffaria, mantenendo una struttura lineare ma ampliando il range percentuale rispetto al sistema originario degli indicatori.

- III. Infine, una fonte di ispirazione importante è stata rappresentata dal sistema ERP (Electronic Road Pricing) adottato a Singapore. Trattandosi di un modello avanzato e già operativo da diversi anni, è stato oggetto di approfondimento e analisi, che ha contribuito a definire sia la struttura tecnica sia la logica di funzionamento del modello elaborato in questa tesi. Introdotto nel 1998, il sistema si basa su un'infrastruttura tecnologica sofisticata che consente la modulazione dinamica delle tariffe, sulla base dell'orario e del livello del traffico.



Il sistema ERP si basa su una rete di portali elettronici (gantry) posizionati nei principali snodi urbani e superstrade, in grado di rilevare automaticamente ogni veicolo grazie a una unità di bordo (In-Vehicle Unit, IU) installata obbligatoriamente. All'interno della IU, l'automobilista inserisce una CashCard prepagata o una carta contactless CEPAS, da cui viene scalato automaticamente l'importo del pedaggio.

Le tariffe variano in base al giorno, all'ora e alla posizione. Gli orari di punta hanno costi più elevati, mentre nelle ore in cui l'infrastruttura è sottoutilizzata il pedaggio può azzerarsi. L'obiettivo è disincentivare l'uso dell'auto nelle fasce più congestionate e spalmare la domanda di mobilità in modo più efficiente. Il sistema, non basandosi su caselli di entrata e uscita come nei pedaggi autostradali tradizionali, bensì su una rete di portali elettronici distribuiti nei principali assi viari urbani e periurbani, prevede l'applicazione automatica di una tariffa specifica ogni volta che un veicolo attraversa uno di questi portali durante l'orario tariffato.

La struttura tariffaria è puntuale e dinamica: ogni gantry ha una propria tariffa. Le fasce orarie sono suddivise generalmente in intervalli di 30 minuti, con le tariffe più elevate nelle ore di punta. La somma totale pagata da un automobilista durante un tragitto dipende quindi dal numero di portali attivi attraversati e dalla tariffa corrispondente a ciascuno di essi al momento del passaggio.

Le tariffe vengono riviste ogni tre mesi dalla Land Transport Authority (LTA) sulla base dei dati di traffico effettivi: se la velocità media rilevata scende sotto una soglia critica, la tariffa viene aumentata per quel tratto e fascia oraria, e viceversa.

Dal 2025 Singapore inizierà ad adottare una nuova versione del sistema, denominata ERP 2.0, basata sulla tecnologia GNSS (Global Navigation Satellite System). Il nuovo sistema consentirà:

- L'eliminazione dei portali fissi;
- La tariffazione per distanza percorsa, oltre che per orario e zona;
- Maggiore flessibilità e personalizzazione delle politiche tariffarie.

ERP 2.0 rappresenta un passo ulteriore verso una mobilità urbana intelligente e sostenibile, integrata con il concetto di Mobility-as-a-Service (MaaS) e il monitoraggio ambientale in tempo reale.

### **6.3 IL MODELLO DI FIRST BEST**

È stato sviluppato un modello di tariffazione variabile che prevede una tariffa diversa per ogni ora della giornata. Il primo passo per l'applicazione del modello consiste nella stima dei volumi di traffico autostradali, suddivisi per le cinque categorie veicolari previste (veicoli leggeri – Classe A, e veicoli pesanti – Classi B, 3, 4, 5), e in base alla tipologia del tratto percorso, distinguendo tra tratti pianeggianti e tratti montuosi.

Sulla base di queste previsioni, è necessario calcolare per ciascuna categoria il livello minimo, massimo e medio di traffico previsto. Tali stime permettono poi di definire il differenziale tariffario orario da applicare, come funzione del livello di traffico atteso rispetto al valore medio stimato. Il differenziale sarà pari a zero quando il traffico previsto corrisponde al valore medio stimato; in caso contrario, esso varierà linearmente, aumentando fino a un massimo del +15% in corrispondenza del picco massimo di traffico, o diminuendo fino a un -15% in presenza del valore minimo previsto.

## Il caso studio

|                                |  | volume orario [n° veicoli/h] |                               |                               |                               |                               |                               |         | check                       |
|--------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|-----------------------------|
|                                |  |                              | Veicoli Leggeri -<br>classe A | Veicoli Pesanti -<br>Classe B | Veicoli Pesanti -<br>Classe 3 | Veicoli Pesanti -<br>Classe 4 | Veicoli Pesanti -<br>Classe 5 | totale  | volume medio<br>giornaliero |
|                                |  | differenziale tariffario     |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| PIANURA                        |  |                              |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| volume minimo stimato          |  | -15,00%                      | 1,703                         | 0,296                         | 1,599                         | 0,221                         | 1,144                         |         |                             |
| volume medio stimato           |  | 0,00%                        | 8,283                         | 2,392                         | 5,098                         | 7,701                         | 8,510                         | 31,99   | 767,6513367                 |
| volume massimo stimato         |  | 15,00%                       | 19,532                        | 6,257                         | 12,312                        | 21,141                        | 18,431                        |         |                             |
|                                |  |                              |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| MONTAGNA                       |  |                              |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| volume minimo stimato          |  | -15,00%                      | 16,43                         | 5,69                          | 8,53                          | 18,12                         | 13,12                         |         |                             |
| volume medio stimato           |  | 0,00%                        | 30,87                         | 11,60                         | 17,56                         | 39,03                         | 28,88                         | 127,93  | 3070,348663                 |
| volume massimo stimato         |  | 15,00%                       | 48,68                         | 17,95                         | 27,28                         | 58,22                         | 47,09                         |         |                             |
|                                |  |                              |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
|                                |  |                              |                               |                               |                               |                               |                               | 3838,00 | 3838                        |
| Tariffa unitaria media         |  | 0,5                          |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Totale ricavi ammessi          |  | 1919                         |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Totale ricavi ammessi pianura  |  | 383,8256684                  |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Totale ricavi ammessi montagna |  | 1535,174332                  |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| check                          |  | 1919                         |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
|                                |  |                              |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| PIANURA                        |  | tariffa differenziata        |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Veicoli Leggeri - classe A     |  | 0,18684                      |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Veicoli Pesanti - Classe B     |  | 0,31372                      |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Veicoli Pesanti - Classe 3     |  | 0,40784                      |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Veicoli Pesanti - Classe 4     |  | 0,65885                      |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Veicoli Pesanti - Classe 5     |  | 0,76865                      |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
|                                |  |                              |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
|                                |  |                              |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| montagna                       |  | tariffa differenziata        |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Veicoli Leggeri - classe A     |  | 0,18535                      |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Veicoli Pesanti - Classe B     |  | 0,31122                      |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Veicoli Pesanti - Classe 3     |  | 0,40460                      |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Veicoli Pesanti - Classe 4     |  | 0,65362                      |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |
| Veicoli Pesanti - Classe 5     |  | 0,76254                      |                               |                               |                               |                               |                               |         |                             |

Figura 21: Interfaccia Excel del modello sviluppato-calcolo del differenziale.

Fonte: lavoro personale su Excel.

I volumi di traffico sono fittizi in quanto non è stato possibile accedere a un dataset realistico e si è svolta una simulazione del modello con dati plausibili ricavati da una ricerca qualitativa nel Web.

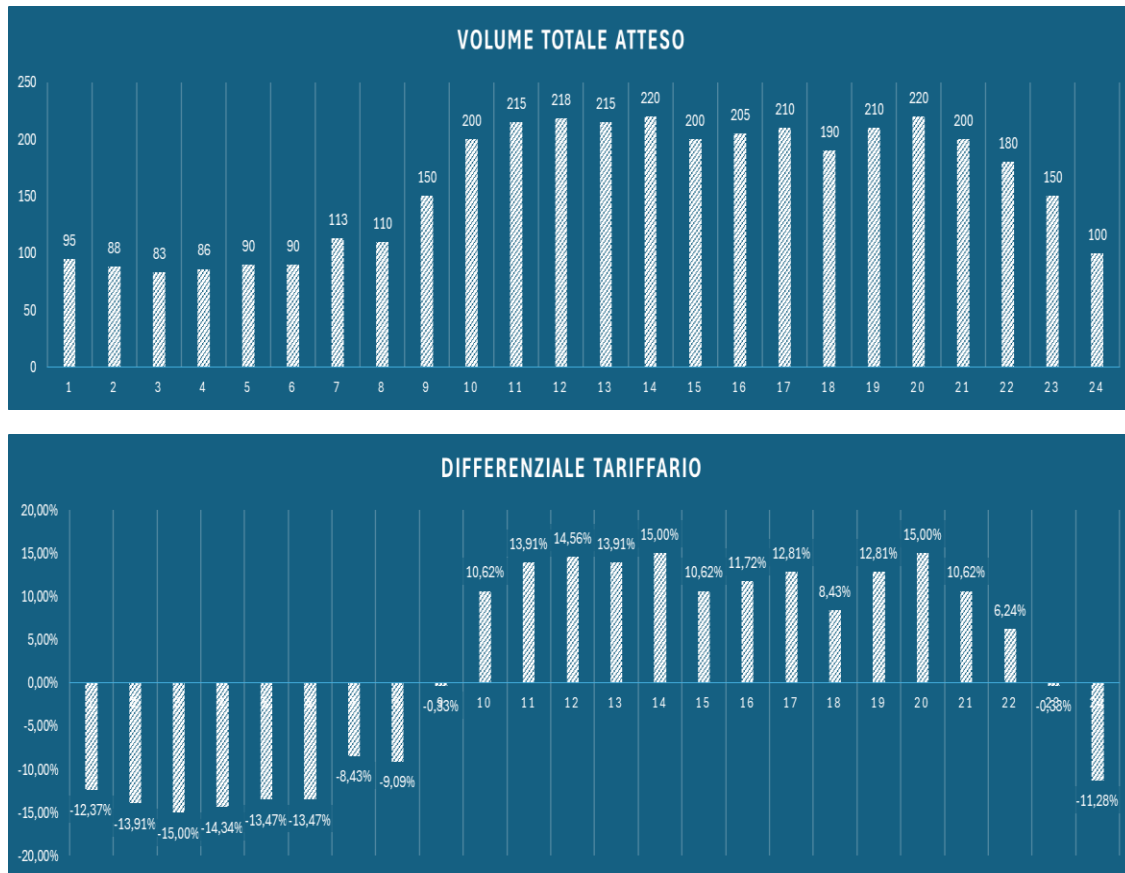


Figura 22: Ipotesi di volume atteso per ogni ora e rispettivo differenziale tariffario.

Fonte: lavoro personale su Excel.

*I volumi di traffico sono fittizi in quanto non è stato possibile accedere a un dataset realistico e si è svolta una simulazione del modello con dati plausibili ricavati da una ricerca qualitativa nel Web.*

Una volta stimati i volumi medi di traffico per tratti pianeggianti e montuosi, e definita una tariffa unitaria media, è possibile calcolare i ricavi medi ammessi per ciascun contesto. Tali valori rappresentano la base di partenza per la definizione di uno schema tariffario fisso, ovvero indipendente dalla variabilità dei volumi. Da qui è successivamente possibile ricavare lo schema tariffario variabile e, quindi, le singole tariffe orarie, aggiungendo il differenziale tariffario ricavato, associato ad ogni orario di transizione.

Determinate le tariffe orarie, il modello prevede l'implementazione di un codice Excel in grado di calcolare la tariffa applicabile a ciascun veicolo in base all'orario effettivo di entrata e uscita dall'autostrada. La soluzione proposta consiste nel calcolare la media

aritmetica delle tariffe orarie associate all'intervallo temporale in cui si è svolto il viaggio, ottenendo così una tariffa unica da applicare.

Questo approccio rappresenta senza dubbio la soluzione più rigorosa e metodologicamente corretta e dal punto di vista teorico, si tratta del benchmarking ideale, in quanto rappresenta il metodo ottimale per incentivare comportamenti virtuosi tramite la tariffazione. Tuttavia, è fondamentale considerare anche il punto di vista dell'utente: prima di usufruire di un servizio, il consumatore desidera conoscere in modo chiaro e trasparente quanto dovrà spendere e questo sistema può rendere il suo processo decisionale molto complesso. Infatti, dover pagare un prezzo discriminante basato su una combinazione variabile di fattori, come fascia oraria, tipologia di veicolo e caratteristiche morfologiche del tracciato, potrebbe creare confusione e incertezza e alimentare un'asimmetria informativa che rischia di scoraggiare l'utenza, portando a un sottoutilizzo dell'infrastruttura. A tal fine si propongono due soluzioni alternative.

*Fonte: lavoro personale su Excel.*

### 6.3.1 Prima soluzione: App Choose&Cruise

Ad oggi, grazie all'utilizzo pervasivo di dispositivi digitali e alla possibilità di stimare i volumi di traffico in fase previsionale, sarebbe tecnicamente possibile introdurre un sistema di pianificazione ex ante che aiuti a rendere trasparente e comprensibile il prezzo da pagare già in fase di scelta. Un meccanismo simile a quello esistente per la stima della durata del viaggio o per la tariffazione fissa, ma con elementi innovativi.

A tal fine, si potrebbe sviluppare un'applicazione chiamata come il nome del modello "Choose&Cruise" in cui l'utente inserisce i dati del proprio veicolo, la tratta desiderata e l'orario indicativo di partenza. Il sistema, basandosi sul modello previsionale dei flussi di traffico precedentemente descritto, sarebbe in grado di restituire una stima attendibile della tariffa e suggerire percorsi ottimizzati in base a criteri personalizzabili (prezzo, durata, impatto ambientale, ecc.) al netto di eventuali ed inattesi ingorghi autostradali.

In questo contesto, risulta particolarmente interessante l'integrazione di principi di nudging e design comportamentale, vale a dire strumenti che permettono di orientare le scelte degli utenti senza imporre vincoli rigidi o obblighi normativi.

Il nudging (letteralmente "spinta gentile") è un concetto introdotto da Thaler e Sunstein (2008), secondo cui è possibile influenzare le decisioni delle persone migliorandole da un punto di vista sociale o individuale, senza limitarne la libertà di scelta. Si tratta di modificare il "contesto decisionale" (o *choice architecture*) per rendere alcune opzioni più evidenti, intuitive o convenienti, pur lasciando disponibili tutte le alternative.

Il design comportamentale applica le conoscenze della psicologia cognitiva, dell'economia comportamentale e del design per costruire interfacce e sistemi che rispecchiano il modo reale in cui le persone prendono decisioni, spesso influenzate da bias, euristiche e abitudini. A differenza del design tradizionale, non si concentra solo sull'estetica o sull'usabilità, ma sul comportamento effettivo degli utenti e su come guidarlo verso scelte desiderate.

All'interno dell'applicazione "Choose&Cruise", questi strumenti potrebbero essere implementati in molteplici modi:

- Default intelligenti: proporre automaticamente il percorso più conveniente (o meno impattante), lasciando però all'utente la possibilità di modificarlo. Poiché le persone tendono ad accettare l'opzione predefinita, questo meccanismo può orientare verso comportamenti più sostenibili.

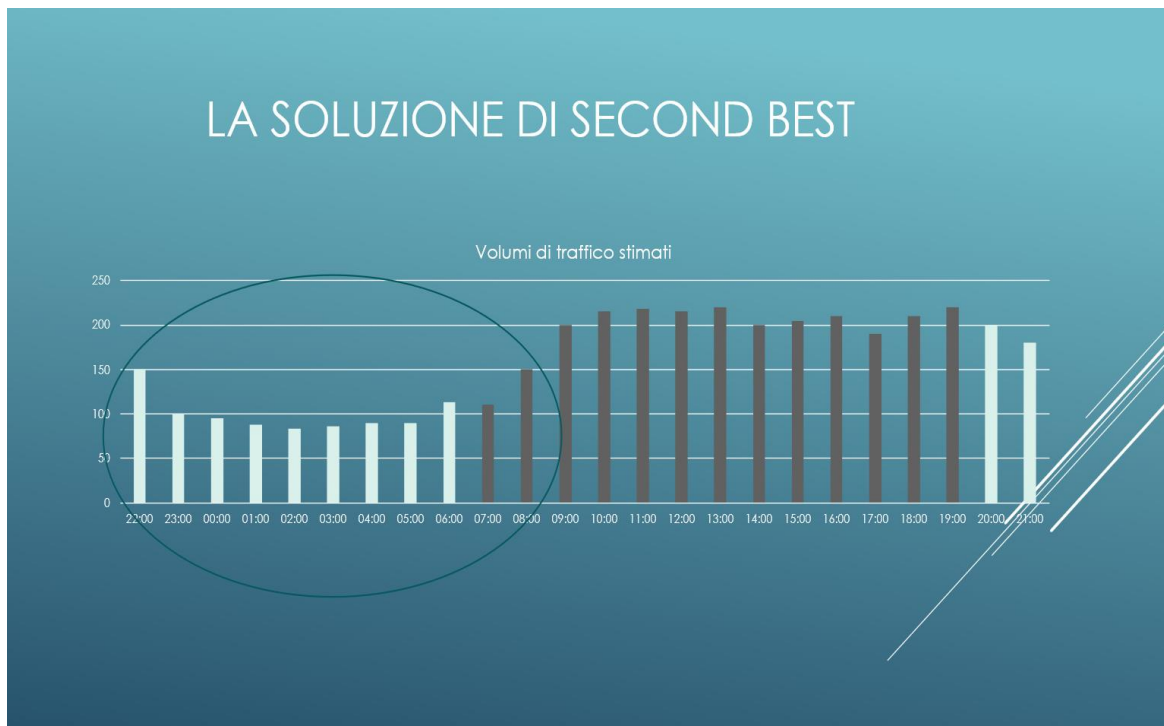
- Feedback visivo immediato: ad esempio, mostrare con colori (verde = più economico, rosso = più costoso) l'effetto delle scelte dell'utente sul prezzo finale del pedaggio. Questo aiuta a rendere tangibili le conseguenze economiche delle decisioni.
- Messaggi comparativi o sociali: "L'80% degli utenti nella tua fascia oraria ha scelto il percorso B" può rafforzare il comportamento imitativo e spingere verso opzioni ottimali.
- Rappresentazione grafica semplificata del costo: invece di mostrare il pedaggio come cifra numerica complessa, si può rappresentare visivamente l'incidenza sul budget giornaliero o settimanale, rendendo la percezione del prezzo più intuitiva.
- Premialità implicita: suggerire che, scegliendo opzioni più sostenibili (es. fasce orarie meno congestionate), si contribuisce a un impatto ambientale minore, eventualmente associando badge, notifiche positive o piccole ricompense (come accade nelle app di fitness o risparmio energetico).
- Temporizzazione dei suggerimenti: inviare notifiche nei momenti in cui l'utente ha più probabilità di modificare i propri piani (es. la sera prima della partenza), anziché nel momento della partenza stessa.

L'integrazione di questi elementi permette di ridurre la complessità cognitiva legata alla variabilità tariffaria e guidare gli utenti verso scelte più informate ed efficienti, contribuendo non solo al miglioramento dell'esperienza individuale, ma anche alla sostenibilità del sistema infrastrutturale nel suo complesso riducendo sia i costi di ricerca sia le asimmetrie informative per gli utenti.

### **6.3.2 Seconda soluzione: semplificazione del processo**

Per ovviare ai limiti sopra descritti, si è pensato in modo alternativo e semplificativo di suddividere la giornata in due fasce orarie: una caratterizzata da una domanda ridotta e una in cui la rete risulta maggiormente congestionata. Non disponendo di dati reali per supportare questa suddivisione, si è proceduto a costruire un dataset ipotetico su cui basare il modello sulla base di informazioni qualitative raccolte in letteratura.





*Figura 24: Soluzione di second best.  
Fonte: lavoro personale su Excel.*

Ci si è avvalsi dei dati ufficiali di ANAS e Autostrade per l'Italia secondo cui un viaggio medio in autostrada si attesta sui 150-180 km, equivalenti a circa 1,5-2 ore di percorrenza (considerando una velocità media compresa tra i 90 e i 130 km/h). Si è poi incrociato questo dato con le informazioni disponibili sui flussi di traffico per i quali si osserva che i valori più bassi si registrano tipicamente nella fascia compresa tra le 22:00 e le 8:00 del mattino.

Sulla base di queste considerazioni, si è ipotizzata una fascia incentivante che va dalle 20:00 alle 5:00 del mattino successivo, prevedendo una tariffa scontata per chi accede alla rete autostradale in questo intervallo temporale.

Tuttavia, per rendere realmente efficace la misura, è necessario che lo sconto sia percepito come significativo dall'utente. In tal senso, si propone un differenziale minimo del 30% sul costo del pedaggio per i veicoli che entrano in autostrada all'interno della fascia incentivante. Tale valore è stato scelto come soglia psicologica in grado di stimolare comportamenti di spostamento dell'orario, con l'obiettivo di decongestionare le ore centrali della giornata, più critiche in termini di traffico.

## 6.4 UN ULTERIORE STEP DI ANALISI

Si è inoltre condotta un'ulteriore analisi per verificare se tutti i giorni della settimana fossero effettivamente interessati da livelli elevati di congestione. A tal fine, si è eseguita una regressione utilizzando un dataset relativo ai volumi di traffico registrati durante i primi tre mesi del 2024. L'analisi ha riguardato i veicoli leggeri e ha preso in considerazione un campione casuale di 39 caselli di uscita autostradali distribuiti lungo l'intera penisola, dal nord al sud Italia.

il campione di riferimento è composto dai seguenti concessionari:

- Autostrade per l'Italia S.p.A. (ASPI);
- SATAP S.p.A. - Tronco A4 e Tronco A21 (SATAP);
- Società Autostrada Ligure Toscana S.p.A. - Tronco Autocisa (SALT);
- Milano Serravalle - Milano Tangenziali S.p.A. (MSMT);
- Tangenziale Esterna S.p.A. (TE).

Per ognuna delle suddette società sono state individuate almeno due stazioni/barriere di uscita. Nel modello si è assunto che ogni veicolo in transito in un determinato casello di uscita in uno specifico giorno avesse tale casello come destinazione finale. Si è quindi trascurata la possibilità che un veicolo possa transitare in più caselli di uscita nell'arco della stessa giornata.

Dopo aver effettuato un'accurata pulizia e organizzazione del dataset, in modo da renderlo idoneo all'analisi tramite il software Stata, è stata eseguita una regressione lineare OLS con l'obiettivo di analizzare le variazioni nei volumi di traffico. La variabile dipendente considerata è il volume giornaliero di veicoli leggeri, scelta motivata dal fatto che questa categoria costituisce la quota maggioritaria del traffico complessivo<sup>7</sup> e presenta una maggiore sensibilità alle variazioni settimanali rispetto al traffico pesante, spesso legato a esigenze logistiche più costanti.

Come variabili indipendenti sono state introdotte sette variabili binarie (dummy), una per ciascun giorno della settimana, al fine di catturare l'effetto specifico di ogni giorno sul volume di traffico. Per evitare il problema della multicollinearità perfetta tipico dell'utilizzo di variabili dummy, è stato escluso il venerdì<sup>8</sup>, scelto come categoria di

---

<sup>7</sup> Si rimanda alla [Figura 6](#) per approfondire la composizione percentuale del parco veicolare italiano.

<sup>8</sup> Non si include la dummy del venerdì per evitare la trappola delle dummy, cioè la multicollinearità perfetta. Questo si traduce in Stata usando il comando di regressione "*regress TRN\_10 ib5.dow, robust*", in cui *ib5* specifica il venerdì come base di confronto (ossia 5 corrisponde al venerdì, la categoria omessa).

riferimento. Di conseguenza, i coefficienti stimati per gli altri giorni della settimana esprimono la variazione media del traffico rispetto al venerdì.

Il modello stimato è il seguente:

$$TRN\_10_i = \beta_0 + \sum_{j \neq ven} \beta_j D_{ij} + \varepsilon_i$$

dove:

- $TRN\_10_i$  è il valore del traffico nel giorno  $i$ ;
- $\beta_0$  è l'intercetta, cioè il traffico medio il venerdì (giorno di riferimento);
- $D_{ij}$  è una variabile dummy che vale 1 se il giorno è il  $j$ -esimo giorno della settimana (es. lunedì, martedì...), 0 altrimenti;
- $\beta_j$  rappresenta la differenza media di traffico tra il giorno  $j$  e il venerdì;
- $\varepsilon_i$  è l'errore del modello.

Esempio esplicito del modello:

$$TRN\_10_i = \beta_0 + \beta_1 Dom_i + \beta_2 Lun_i + \beta_3 Mar_i + \beta_4 Mer_i + \beta_5 Gio_i + \beta_6 Sab_i + \varepsilon_i$$

con:

- $\beta_0$  = traffico medio il venerdì;
- $\beta_j$  = differenza tra il traffico medio del giorno  $j$  e quello del venerdì.

I risultati mostrano che tutti i giorni della settimana presentano un livello medio di traffico significativamente inferiore rispetto alla categoria di riferimento (venerdì). In particolare:

---

Inoltre, nella regressione,  $TRN\_10$  rappresenta il traffico veicolare leggero rilevato,  $dow$  è una variabile categoriale che identifica il giorno della settimana (da Domenica a Sabato) e l'opzione `robust` consente di stimare errori standard robusti, al fine di tenere conto di possibili eteroschedasticità nei residui.

- Il lunedì registra, in media, circa 47.809 veicoli in meno rispetto al venerdì ( $p < 0.001$ );
- Il martedì presenta un decremento medio di circa 43.011 veicoli ( $p < 0.001$ );
- Il mercoledì di circa 34.964 veicoli ( $p < 0.001$ );
- Il giovedì di 20.283 veicoli ( $p < 0.05$ );
- Il sabato di 40.036 veicoli ( $p < 0.001$ );
- Anche la domenica presenta un traffico inferiore, con una differenza media di 29.193 veicoli rispetto al venerdì ( $p < 0.05$ ).

La costante del modello  $\beta_0$ , pari a 496.827, rappresenta il valore atteso del traffico il venerdì.

Dal punto di vista statistico, il modello è complessivamente significativo ( $\text{Prob} > F = 0.0000$ )<sup>9</sup> e spiega circa il 27,7% della variabilità osservata nella variabile dipendente ( $R^2 = 0.2773$ )<sup>10</sup>.

I risultati della regressione consentono di evidenziare le differenze nei volumi di traffico tra i vari giorni e confermano l'esistenza di una marcata stagionalità settimanale, con picchi nei giorni feriali centrali ed evidenziano il venerdì come il giorno con i livelli di congestione più elevati. Si noti inoltre un calo ad inizio settimana e di sabato, coerente con dinamiche di mobilità legate a esigenze lavorative e pendolarismo. Si veda poi come tutti i p-valori associati ai coefficienti stimati risultano essere inferiori alla soglia del 5%. Questo consente di affermare con un livello di confidenza del 95% che le differenze osservate sono statisticamente significative. Inoltre, poiché, come dettagliato precedentemente, tutti i coefficienti presentano segno negativo, si può concludere che, rispetto al venerdì, gli altri giorni della settimana sono associati a volumi di traffico significativamente inferiori.

---

<sup>9</sup> In [Appendice C](#) è riportata l'interfaccia Stata con i risultati completi della regressione lineare.

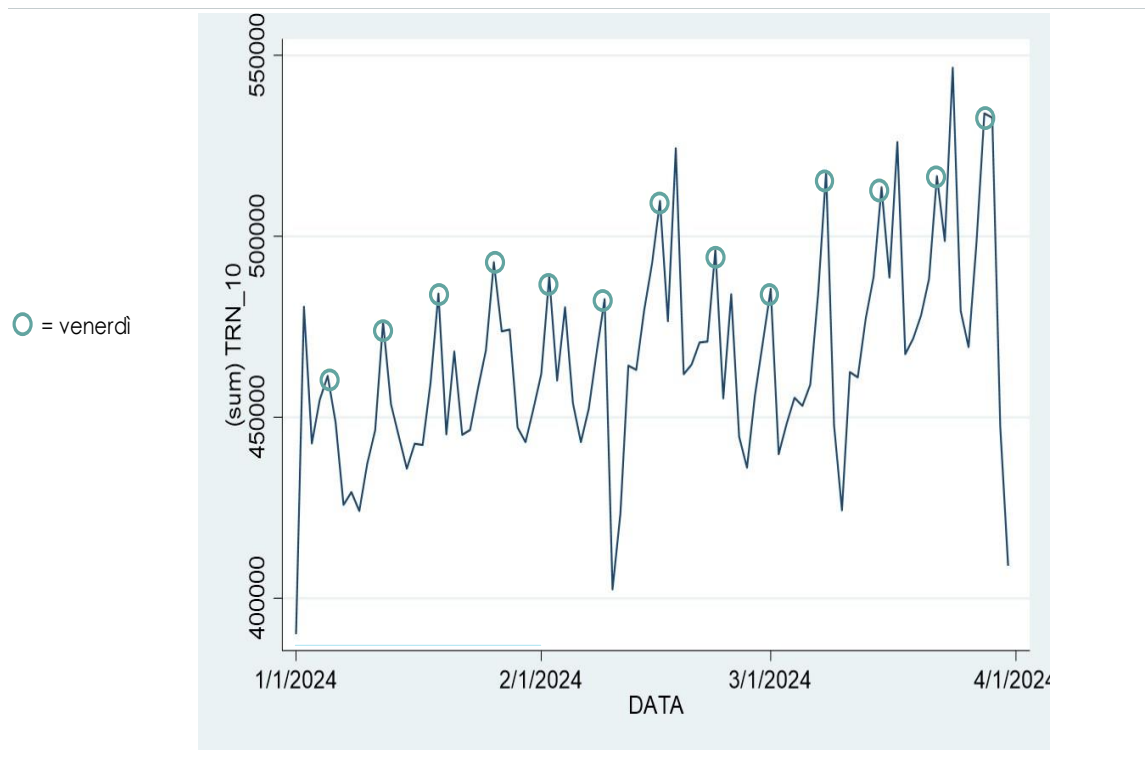
<sup>10</sup> Nonostante il valore relativamente basso di  $R^2$ , il quale indica che il modello spiega solo una parte della variabilità totale, questo risultato non inficia la capacità del modello di catturare l'effetto del giorno della settimana sul traffico. L'obiettivo della regressione, infatti, non è quello di ottenere una previsione perfetta, ma di isolare l'impatto specifico dei diversi giorni sulla variabilità del traffico.

|                | Volumi di traffico (TRN_10) |
|----------------|-----------------------------|
| Domenica       | -29192.92 **<br>(13418.22)  |
| Lunedì         | -47808.85 ***<br>(8323.44)  |
| Martedì        | -43011.00 ***<br>(7140.30)  |
| Mercoledì      | -34964.46 ***<br>(7435.70)  |
| Giovedì        | -20282.70 **<br>(8697.96)   |
| Sabato         | -40036.38 ***<br>(8734.81)  |
| Costante       | 496826.60 ***<br>(5557.13)  |
| Osservazioni   | 90                          |
| R <sup>2</sup> | 0.2773                      |

*Tabella 4: Risultato regressione lineare.*

*Fonte: lavoro personale su Stata.*

Per comprendere l'andamento del volume di traffico dei veicoli leggeri nel periodo considerato, è stato realizzato un grafico esplicativo ([Figura 25](#)).



*Figura 25: Andamento del traffico relativo ai veicoli leggeri.  
Fonte: lavoro personale su Stata.*

- L'asse delle ascisse indica la data, con cadenza giornaliera.
- L'asse delle ordinate riporta il volume totale giornaliero (somma di TRN\_10) di veicoli leggeri transitati, con valori compresi tra circa 400.000 e 550.000 veicoli.

Anzitutto si osserva una tendenza al rialzo nel volume di traffico nel corso dei tre mesi analizzati. I valori più elevati si registrano infatti tra la seconda metà di marzo e fine marzo, dove il traffico giornaliero supera più volte i 530.000 veicoli. Inoltre, il grafico mostra una variabilità ciclica, con picchi e cali ricorrenti a intervalli regolari. Questo pattern suggerisce un andamento settimanale, con picchi sistematici nei giorni che cadono di venerdì e altri, come il lunedì, con minimi ricorrenti.

Sulla base di questi risultati, si è deciso quindi di adottare una strategia finale che incontrasse tutte le necessità e le problematiche emerse. Si è scelto dunque di restringere l'applicazione del modello di tariffazione alla sola giornata di venerdì, che si conferma come il giorno maggiormente interessato da congestione. Combinando i due step di analisi del modello si persegue un equilibrio tra efficacia del provvedimento

e sostenibilità operativa, evitando di introdurre sia complessità inutili in giorni in cui la domanda risulta stabile e gestibile, sia problematiche che vadano a minare la percezione di trasparenza e chiarezza nella modulazione tariffaria da parte dell'utenza autostradale.

## 6.5 ULTIMO STEP DI ANALISI

Come ultimo step dell'analisi, si è deciso di effettuare un'ulteriore scrematura valutando se la maggior densità del venerdì fosse presente con la stessa intensità in tutti i caselli del campione o se vi fossero differenze locali in modo da non penalizzare a livello globale tutte le aree del campione, ma solo quelle effettivamente coinvolte da un effetto significativo.

Riassumendo, fermo restando l'obiettivo ultimo di ridurre la congestione e sulla base delle considerazioni approfonditamente discusse, si è deciso in definitiva di applicare una modulazione variabile esclusivamente per:

- (a) i giorni della settimana caratterizzati da volumi di traffico più elevati (venerdì);
- (b) i caselli del campione risultati maggiormente trafficati in quei giorni selezionati;
- (c) una soluzione che mira alla chiarezza e all'immediatezza della tariffa da pagare adottando o un'applicazione a supporto delle scelte decisionali del consumatore, o la strada semplificativa di una discriminazione temporale in base a sole due fasce orarie diverse.

Resta da analizzare l'effetto in ogni singolo casello. A tal fine si è studiato l'effetto marginale del venerdì sui volumi di traffico casello per casello: l'effetto è risultato positivo e statisticamente significativo per 26 caselli (si veda la [Tabella 5](#)).

Sostanzialmente ci si è posti la domanda: *“Di quanto cambia il traffico medio se è venerdì, per ciascuna stazione?”*.

Al fine di stimare l'effetto specifico del giorno venerdì sui volumi di traffico veicolare (TRN\_10), è stato specificato un modello di regressione lineare con effetti fissi per stazione di rilevamento. La specificazione del modello è la seguente:

$$TRN_{10_{it}} = \beta_0 + \gamma_i + \beta_1 Venerd_{it} + \varepsilon_{it}$$

dove:

- $TRN_{10_{it}}$  rappresenta il volume di traffico registrato nella stazione  $i$  al tempo  $t$ ;
- $\beta_0$  è l'intercetta media di riferimento, comune a tutte le stazioni.
- $\gamma_i$  cattura gli effetti fissi associati a ciascuna stazione, ossia le differenze sistematiche e invariate nel tempo tra le varie località di rilevamento (es. posizione geografica, numero di corsie, vicinanza a centri urbani, ecc.);
- $Venerd_{it}$  è una variabile dummy che vale 1 se il giorno dell'osservazione è venerdì, 0 altrimenti;
- $\beta_1$  misura l'effetto medio del venerdì sul traffico, controllando per gli effetti fissi  $\gamma_i$  delle stazioni;
- $\varepsilon_{it}$  è l'errore residuo, che cattura tutte le altre fonti di variabilità non spiegate dal modello.

Questa specificazione consente di isolare l'effetto del giorno venerdì sul traffico, controllando per le eterogeneità strutturali tra le stazioni (ad esempio, diverse dimensioni o posizioni geografiche).

È stata poi calcolata la marginal effect analysis<sup>11</sup> per valutare l'effetto del venerdì su ciascuna stazione.

| Numero identificativo della stazione<br>d'uscita (C_STZ_U) | $\frac{dy}{dx}$               |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1 (Barriera Roma Ovest)                                    | 5294.45<br>(2789.39)          |
| 100 (Bologna Interporto)                                   | <b>523.62**</b><br>(253.68)   |
| 108 (Monselice)                                            | <b>951.51***</b><br>(297.35)  |
| 110 (Barriera Padova Sud)                                  | <b>1383.71***</b><br>(284.63) |
| 214 (Barriera Genova Ovest)                                | <b>1652.24***</b><br>(445.19) |

<sup>11</sup> In [Appendice C](#) è riporata l'interfaccia Stata con i risultati completi dell'analisi effettuata.



|                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 218 (Arenzano)                 | <b>661.48***</b><br>(185.86)  |
| 221 (Albisola)                 | <b>574.48***</b><br>(171.61)  |
| 23 (Firenze Sud)               | <b>1455**</b><br>(713.99)     |
| 231 (Ovada)                    | <b>223.71**</b><br>(102.57)   |
| 233 (Alessandria Sud)          | <b>289.12***</b><br>(87.24)   |
| 246 (Barriera Gallarate Ovest) | -329.55<br>(717.13)           |
| 260 (Genova Est)               | <b>958.22***</b><br>(347.95)  |
| 262 (Recco)                    | <b>661.4***</b><br>(247.43)   |
| 3 (Barriera Como Granate)      | 4913.99<br>(2987.97)          |
| 31 (Orvieto)                   | 334.95<br>(230.7)             |
| 337 (Montecatini Terme)        | <b>822.8***</b><br>(160.77)   |
| 345 (Barriera Pisa Nord)       | <b>595.66**</b><br>(294.62)   |
| 36 (Barriera Roma Nord)        | -275.95<br>(787.61)           |
| 4 (Fino Monasco)               | <b>910.65***</b><br>(244.24)  |
| 41 (Bologna San Lazzaro)       | 673.45<br>(497.5)             |
| 524 (Conegliano Veneto)        | <b>763.72***</b><br>(262.13)  |
| 528 (Barriera Belluno)         | <b>2699.41***</b><br>(462.87) |
| 545 (Barriera Ugovizza)        | 190.49<br>(520.71)            |
| 6 (Torrimpietra)               | 825.3<br>(809.39)             |
| 61 (Roseto degli Abruzzi)      | <b>528.62***</b><br>(82.94)   |

|                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 648 (Bergamo)               | <b>3865.63***</b><br>(583.58) |
| 656 (Monza)                 | -44.8<br>(264.55)             |
| 708 (Frosinone)             | <b>499.88***</b><br>(140.61)  |
| 716 (Caserta Sud)           | 624.22<br>(616.53)            |
| 725 (Vallata)               | <b>112.44***</b><br>(20.84)   |
| 728 (Cerignola Ovest)       | 47.69<br>(25.42)              |
| 736 (Bitonto)               | <b>217.47***</b><br>(48.22)   |
| 737 (Bari Nord)             | 1246.27<br>(833.9)            |
| 740 (Gioia del Colle)       | <b>87.53***</b><br>(23.02)    |
| 742 (Barriera Taranto Nord) | <b>537.81**</b><br>(267.82)   |
| 779 (Barriera Napoli Nord)  | <b>4008.03***</b><br>(1093.2) |
| 782 (Castel San Giorgio)    | <b>844.17***</b><br>(180.94)  |
| 784 (Nocera Pagani)         | <b>961.56***</b><br>(209.75)  |
| 8 (Acireale)                | -305.84<br>(571.37)           |
| Osservazioni                | 3510                          |
| R <sup>2</sup>              | 0.143                         |

*Tabella 5: Effetto marginale del venerdì per ogni casello del campione.*

*Fonte: lavoro personale su Stata. L'effetto è stato ritenuto valido adottando una soglia di significatività del 5% ( $p \leq 0.05$ )*

La variazione attesa nella variabile dipendente condizionata alla singola unità geografica è catturata dalla seguente espressione:

$$\text{Effetto marginale del venerdì}_i = \widehat{TRN_{10}}_{i,\text{venerdì}=1} - \widehat{TRN_{10}}_{i,\text{venerdì}=0}$$

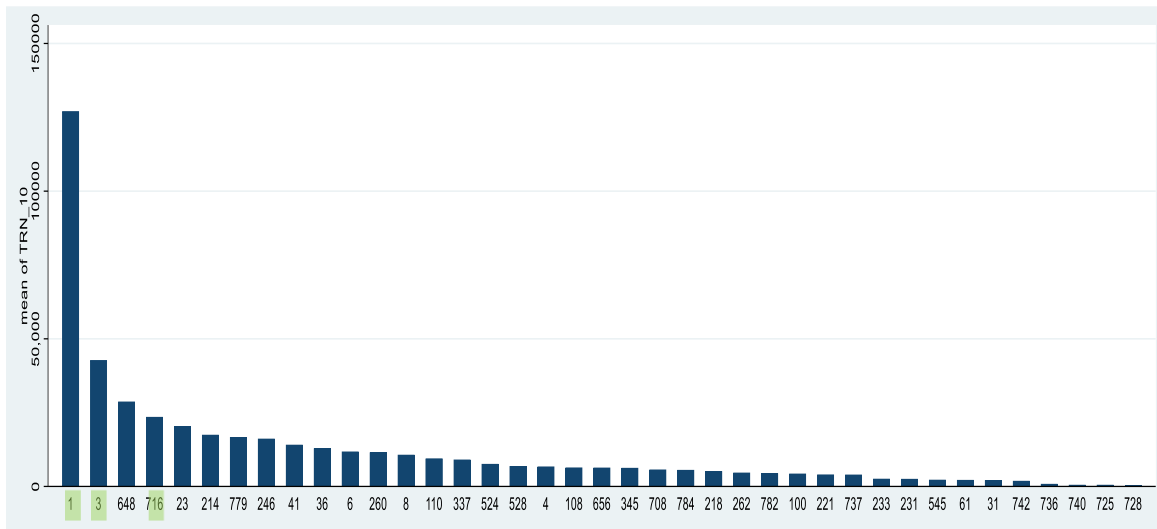
In questo modo si ottiene, per ciascuna stazione  $i$ , la variazione prevista del traffico al passaggio da un determinato giorno della settimana al venerdì, controllando per le differenze strutturali tra stazioni già incluse nel modello tramite effetti fissi. I risultati evidenziano che, sebbene l'effetto sia generalmente positivo, l'intensità e la significatività statistica variano sensibilmente da stazione a stazione, suggerendo un impatto differenziale del giorno venerdì in funzione delle caratteristiche locali del traffico.

Considerando il periodo invernale, si può ragionevolmente escludere che tale effetto sia dovuto principalmente a spostamenti verso destinazioni balneari, tipici della stagione estiva. È pertanto necessario ricercare spiegazioni alternative, legate a dinamiche ricorrenti nei mesi freddi.

Una prima ipotesi riguarda i flussi di pendolarismo settimanale. Molte uscite in cui il venerdì è risultato essere un giorno significativamente più transitato rispetto agli altri si trovano in prossimità di città medie o grandi (ad esempio Bergamo, Frosinone, Pisa Nord, Genova Ovest, Taranto Nord), in cui lavorano o studiano persone residenti in altre località. Il venerdì, tali individui tendono a rientrare verso i luoghi di residenza, generando un picco di traffico nelle ore pomeridiane e serali. Un secondo fattore è rappresentato dai movimenti legati alla logistica e all'industria. Alcune stazioni (come Bologna Interporto, Ovada, Conegliano Veneto, Belluno) sono situate in aree a forte vocazione produttiva o in prossimità di nodi di distribuzione. In questi contesti, il venerdì è spesso dedicato alla chiusura delle consegne e alla pianificazione delle spedizioni pre-weekend, incrementando così il flusso veicolare sia di mezzi leggeri sia pesanti. Non va infine trascurata la componente turistica non balneare. Alcune località servite dal gruppo in esame (Montecatini Terme, Belluno, Recco) mantengono un'attrattività significativa anche nei mesi invernali, grazie alla presenza di stabilimenti termali o alla vicinanza a comprensori sciistici. Il periodo analizzato include inoltre i mesi di alta stagione per il turismo montano (febbraio-marzo), in cui sono frequenti gli spostamenti legati a settimane bianche o brevi soggiorni invernali.

Al contrario, il gruppo di caselli in cui non è stato riscontrato un effetto marginale statisticamente significativo è costituito in larga parte da barriere autostradali e punti di attraversamento lungo tratte estese come ad esempio Barriera Roma Ovest (1), Gallarate Ovest (3) e Caserta Sud (716). Questi caselli intercettano prevalentemente traffico di transito nazionale e a medio-lungo raggio, caratterizzato da una minore sensibilità alle dinamiche settimanali e da una distribuzione più uniforme nei giorni lavorativi. Ciò spiega l'assenza di un incremento rilevante nel giorno di venerdì. Inoltre,

come evidenziato dalla [Figura 26](#), questo sottoinsieme include i caselli complessivamente più trafficati, a conferma della natura di traffico di medio-lungo periodo che li contraddistingue.



*Figura 26: Livello medio di traffico leggero per ogni casello oggetto di analisi in ordine decrescente.  
Fonte: lavoro personale su Stata.*

## **7 CONSIDERAZIONI FINALI**

---

### **7.1 GESTIONE DEGLI EVENTUALI EXTRAPROFITTI**

L'implementazione di un sistema di modulazione tariffaria variabile, oltre a perseguire l'obiettivo principale di ridurre la congestione veicolare nei tratti critici della rete autostradale, può generare extraprofitto rispetto a un sistema a tariffazione fissa. Tali risorse aggiuntive possono derivare da una combinazione di fattori, legati alla risposta della domanda alle diverse configurazioni tariffarie.

- In primo luogo, l'applicazione di tariffe maggiorate nelle fasce orarie di picco può produrre un incremento delle entrate, soprattutto nei casi in cui, dato che la domanda risulta generalmente anelastica, gli utenti decidano comunque di effettuare lo spostamento nonostante l'aumento del pedaggio.
- In parallelo, la differenziazione delle tariffe, se efficace, può incentivare lo spostamento di parte del traffico verso le fasce orarie meno congestionate, contribuendo così a una migliore distribuzione temporale della domanda e a un maggiore utilizzo complessivo dell'infrastruttura.
- A ciò si aggiunge il potenziale risparmio in termini di costi operativi, ottenuto attraverso una gestione più fluida del traffico e una riduzione dell'usura e delle esigenze manutentive della rete.

La gestione di tali extraprofitto richiede una pianificazione trasparente e orientata all'interesse collettivo, tuttavia, necessita di una gestione diversa rispetto al meccanismo di revenue sharing utilizzato in caso di volumi di traffico maggiori del livello atteso nella tariffazione fissa.

I primi sistemi tariffari imputavano al concessionario il cosiddetto rischio traffico: eventuali extraprofitto derivanti da un traffico superiore rispetto alle previsioni erano incassati direttamente dal concessionario.

Oggi, invece, il nuovo sistema tariffario unificato introduce un meccanismo di revenue sharing: per aumenti di traffico superiori al 2% rispetto alle previsioni, una quota degli extraprofitto viene dedotta dalla tariffa del periodo successivo, arrivando al 100% per aumenti superiori al 10%.

Nel contesto in esame, di contro, è pur necessario riconoscere un certo merito ai concessionari che sanno sfruttare meglio la rete e non si può pensare dunque di adottare le regole del revenue sharing "pure". È giusto lasciare questi eventuali margini

a chi è riuscito ad ottenerli, seppur incentivandone una gestione orientata sempre più all'efficienza.

Tra le ipotesi di utilizzo più rilevanti si possono considerare:

- il reinvestimento dei proventi nella rete autostradale stessa, con interventi di manutenzione, potenziamento e ammodernamento infrastrutturale;
- il finanziamento di servizi di trasporto pubblico locale o soluzioni di mobilità alternativa, al fine di offrire opzioni valide per i viaggiatori nei periodi di picco;
- l'implementazione di politiche di compensazione per gli utenti vulnerabili, pendolari abituali o residenti in aree soggette a congestione sistemica;
- il miglioramento e la manutenzione degli strumenti digitali e delle tecnologie intelligenti per la gestione in tempo reale del traffico e per la comunicazione efficace con l'utenza.

Una gestione mirata e sostenibile degli extraprofitti può quindi contribuire non solo all'efficienza del sistema, ma anche ad aumentare l'accettabilità sociale della modulazione tariffaria, innescando un circolo virtuoso tra efficacia operativa, equità e innovazione.

## **7.2 CONCLUSIONI**

La tesi ha affrontato il tema della modulazione tariffaria variabile come possibile strumento di intervento volto a contenere la congestione autostradale, con particolare riferimento a contesti ad alta intensità di traffico e a forte rilevanza strategica per la mobilità nazionale.

Il confronto con esperienze internazionali e l'analisi delle condizioni infrastrutturali e operative del caso italiano mostrano che, pur in presenza di alcune criticità legate all'accettabilità sociale e alla gestione del sistema, l'adozione di modelli di tariffazione flessibile rappresenta una direzione coerente con gli obiettivi di efficienza, sostenibilità e qualità del servizio.

In conclusione, la modulazione tariffaria variabile, se integrata in una più ampia strategia di governance della mobilità, può contribuire in modo significativo alla

riduzione dei fenomeni di congestione, promuovendo al contempo una maggiore responsabilizzazione degli utenti rispetto all'uso dell'infrastruttura autostradale.

## **8 APPROFONDIMENTO TEMATICO SU UN ASPETTO COLLATERALE: IL SERVIZIO CASHBACK DI AUTOSTRADE PER L'ITALIA**

---

Un esempio esplicativo dell'importanza del livello di congestione della rete autostradale per l'utente che usufruisce del servizio è il sistema di rimborso introdotto da ASPI, il concessionario più esteso delle autostrade italiane. Di fatti, nel contesto delle misure a tutela dell'utenza autostradale, Autostrade per l'Italia ha introdotto un innovativo servizio di rimborso denominato Cashback, attivo dal 15 settembre 2021. Questo meccanismo consente agli utenti della rete autostradale di ottenere un rimborso, totale o parziale, del pedaggio versato, qualora abbiano subito ritardi significativi causati da cantieri per lavori programmati che riducono le corsie disponibili (escludendo la corsia di emergenza) e quindi compromettono la fluidità del traffico.

Il servizio è disponibile per tutte le modalità di pagamento (contanti, carte, telepedaggio) e accessibile a tutti i clienti, sia persone fisiche che giuridiche, previa registrazione gratuita tramite l'app Muovy o attraverso il portale dedicato sul sito di ASPI. I consorzi di trasporto possono aderire attraverso un sistema dedicato, con la possibilità di recuperare anche i pedaggi rimborsabili in via retroattiva, a partire dalla data di attivazione del servizio.

Per beneficiare del Cashback, l'utente deve:

- Avere effettuato un viaggio sulla rete di ASPI e aver subito un ritardo riconducibile a lavori programmati;
- Essere in possesso della ricevuta di pagamento oppure avere registrato preventivamente la targa del veicolo o un dispositivo di telepedaggio valido.

Gli utenti che optano per la registrazione della targa possono accedere in modo automatico ai rimborsi: le telecamere ai caselli riconoscono i transiti e, in caso di diritto al rimborso, viene inviata una notifica tramite app. È comunque raccomandato ritirare sempre la ricevuta al casello, utile in caso di contestazioni o mancata rilevazione del viaggio. Si veda un esempio dell'interfaccia dell'applicazione mobile per la registrazione della targa o del dispositivo di telepedaggio ([Figura 27](#)).





*Figura 27: Interfaccia App Muovy.*

In alternativa, è possibile presentare la richiesta manualmente caricando sull'app Muovy o sul portale la fotografia della ricevuta di pagamento, a condizione che:

- La ricevuta non sia anteriore a 12 mesi dalla data della richiesta;
- La data della ricevuta non preceda di oltre 4 mesi la registrazione al servizio Cashback.

A seguito dell'istruttoria, in caso di esito positivo, l'utente è tenuto a completare una procedura di verifica dell'identità, richiesta solo alla prima operazione approvata, dopo

la quale l'importo rimborsato verrà accreditato nel "borsellino elettronico" dell'app Muovy.

Questo sistema rappresenta una forma di compensazione equa, trasparente e digitalmente accessibile, rafforzando il principio di responsabilità del gestore autostradale e migliorando la qualità percepita del servizio da parte dell'utenza, in particolare nei periodi di intensa manutenzione o riqualificazione infrastrutturale.

## 9 APPENDICE A – FUNZIONE DI COSTO E DETERMINAZIONE DEL FATTORE X NEL PRICE CAP

---

La regolazione tariffaria delle concessioni autostradali italiane, soprattutto in seguito all'adozione del sistema Price Cap, si fonda su una valutazione accurata dell'efficienza dei gestori. A tale scopo, un passaggio fondamentale è la stima della funzione di costo, che consente di misurare quanto ogni concessionario si discosti da un comportamento efficiente e, di conseguenza, determinare un obiettivo di miglioramento da incorporare nel parametro X del Price Cap.

La funzione di costo stima la relazione tra i costi sostenuti da ciascun concessionario e i principali fattori produttivi impiegati nella gestione e manutenzione della rete. Tra le forme funzionali più utilizzate vi sono la Cobb-Douglas e la funzione Translogaritmica, che permettono di rappresentare le economie di scala, l'impatto dei prezzi dei fattori e la struttura tecnica della produzione.

Un esempio semplificato di funzione di costo Cobb-Douglas è il seguente:

$$\ln C_{it} = \alpha + \beta_1 \ln V_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \sum_k \gamma_k \ln P_{kit} + \sum_j \delta_j H_{jit} + \varepsilon_{it}$$

dove:

- $C_{it}$  : costi totali della concessione i nell'anno t;
- $V_{it}$ : volumi di traffico;
- $L_{it}$ : lunghezza della rete gestita;
- $P_{kit}$  : prezzi dei principali fattori produttivi (manodopera, manutenzione, capitale, ecc.);
- $H_{jit}$  : variabili di controllo strutturali (es. presenza di gallerie, qualità della pavimentazione, durata residua della concessione);
- $\varepsilon_{it}$ : termine di errore stocastico.

Una volta stimata la funzione, si calcola la frontiera di costo efficiente e si misurano gli scostamenti dei singoli concessionari da tale frontiera utilizzando tecniche parametriche come l'Analisi di Frontiera Stocastica (SFA). Questo processo consente di quantificare il potenziale di recupero di efficienza per ogni gestore.

Tali risultati vengono poi sintetizzati nel fattore di produttività attesa X, elemento centrale del Price Cap, che rappresenta la percentuale di riduzione annuale dei costi operativi che si richiede al concessionario. Ad esempio, un'inefficienza del 10% può tradursi in un valore di  $X = 2\%$  annuo su un orizzonte regolatorio di cinque anni.

Il valore di X entra nella formula di aggiornamento tariffario prevista dal Price Cap:

$$\Delta T \leq \Delta P - X + b\Delta Q$$

Questo meccanismo ha l'obiettivo di incentivare l'efficienza dinamica del concessionario, premiando chi migliora la propria produttività e penalizzando chi si mantiene strutturalmente inefficiente, garantendo allo stesso tempo il controllo pubblico sulla crescita dei pedaggi.

## 10 APPENDICE B – FATTORI DI INPUT IMPIEGATI NEI SEI REGIMI TARIFFARI PRE-2019

| Regime     | $\Delta P$<br>(Inflazione) | $X_{prod}$<br>(Produttività) | $X_{investimenti}$ | $X_{rieq}$<br>(Riequilibrio) | $\Delta Q$<br>(Qualità) | K<br>(Investimenti) |
|------------|----------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
| I regime   | ✓                          | ✓                            |                    |                              | ✓                       |                     |
| II regime  | ✓                          |                              | ✓                  |                              | Solo se negativo        | ✓                   |
| III regime | ✓                          |                              |                    | ✓                            | ✓                       | ✓                   |
| IV regime  | ✓                          | ✓                            |                    |                              | ✓                       | ✓                   |
| V regime   | ✓ (reale)                  |                              |                    | ✓                            | Solo se negativo        | ✓                   |
| VI regime  | ✓ (reale)                  |                              |                    |                              | Solo se negativo        | ✓                   |

*Tabella 6: Fattori di input per la determinazione del Price Cap nei sei regimi tariffari italiani operanti prima del 2019.*

*Nota: il simbolo ✓ indica la presenza del fattore nella formula del regime. L'espressione "Solo se negativo" indica che la qualità può incidere solo in riduzione.*

Spiegazione dei fattori:

•  **$\Delta P$**  (Variazione dell'Inflazione): Rappresenta la variazione massima tariffaria consentita, basata sull'inflazione programmata, o in alcuni regimi, sull'inflazione reale pesata.

•  **$X_{prod}$**  (Fattore di Produttività Attesa): Un tasso di produttività attesa che riduce la variazione tariffaria, incentivando l'efficienza. L'ambiguità nella sua definizione nei primi anni di sperimentazione del modello ha permesso ai concessionari di ottenere valori vantaggiosi, riducendo l'efficacia del sistema.

•  **$X_{investimenti}$**  (Fattore legato agli Investimenti Programmati): Introdotto nel secondo regime, ha sostituito il fattore di produttività, eliminando gli incrementi di efficienza

tipici del "Price Cap" e agendo come sistema di riequilibrio dei ricavi in funzione degli investimenti.

- **X<sub>req</sub>** (Fattore di Riequilibrio): Presente nel terzo regime, è un fattore percentuale che adegua la tariffa per bilanciare i ricavi previsti e i costi ammessi, differente dal fattore di produttività del "Price Cap".
- **ΔQ** (Variazione Indicatore di Qualità): Un indicatore composito relativo alla qualità del servizio (es. tasso di incidentalità per km, stato del manto stradale) che poteva influenzare positivamente o negativamente la tariffa. Nel secondo, quinto e sesto regime, poteva intervenire solo come fattore di riduzione delle tariffe in caso di inadempienze.
- **K** (Componente di Remunerazione degli Investimenti): Introdotto a partire dalla delibera CIPE 39/2007, è una componente per la remunerazione degli investimenti successivi al 2007

## 11 APPENDICE C- RISULTATI COMPLETI DELL'ANALISI EFFETTUATA

| <b>. regress TRN_10 ib5.dow,robust</b> |                  |                     |               |              |                      |                  |
|----------------------------------------|------------------|---------------------|---------------|--------------|----------------------|------------------|
| Linear regression                      |                  |                     | Number of obs |              | =                    | <b>90</b>        |
|                                        |                  |                     | F(6, 83)      |              | =                    | <b>8.43</b>      |
|                                        |                  |                     | Prob > F      |              | =                    | <b>0.0000</b>    |
|                                        |                  |                     | R-squared     |              | =                    | <b>0.2773</b>    |
|                                        |                  |                     | Root MSE      |              | =                    | <b>25509</b>     |
| TRN_10                                 | Coefficient      | Robust<br>std. err. | t             | P> t         | [95% conf. interval] |                  |
| dow                                    |                  |                     |               |              |                      |                  |
| Domenica                               | <b>-29192.92</b> | <b>13418.22</b>     | <b>-2.18</b>  | <b>0.032</b> | <b>-55881.22</b>     | <b>-2504.63</b>  |
| Lunedì                                 | <b>-47808.85</b> | <b>8323.443</b>     | <b>-5.74</b>  | <b>0.000</b> | <b>-64363.84</b>     | <b>-31253.85</b> |
| Martedì                                | <b>-43011</b>    | <b>7140.296</b>     | <b>-6.02</b>  | <b>0.000</b> | <b>-57212.76</b>     | <b>-28809.24</b> |
| Mercoledì                              | <b>-34964.46</b> | <b>7435.703</b>     | <b>-4.70</b>  | <b>0.000</b> | <b>-49753.78</b>     | <b>-20175.15</b> |
| Giovedì                                | <b>-20282.7</b>  | <b>8697.96</b>      | <b>-2.33</b>  | <b>0.022</b> | <b>-37582.59</b>     | <b>-2982.805</b> |
| Sabato                                 | <b>-40036.38</b> | <b>8734.812</b>     | <b>-4.58</b>  | <b>0.000</b> | <b>-57409.57</b>     | <b>-22663.2</b>  |
| _cons                                  | <b>496826.6</b>  | <b>5557.134</b>     | <b>89.40</b>  | <b>0.000</b> | <b>485773.7</b>      | <b>507879.5</b>  |

Figura 28: : Interfaccia Stata-risultato regressione lineare.  
Fonte: lavoro personale su Stata.

Average marginal effects  
Model VCE: Robust  
Number of obs = 3,510  
Expression: Linear prediction, predict()  
dy/dx wrt: Venerdi  
Over: id\_casello

|            | Delta-method |          | t    | P> t  | [95% conf. interval] |          |
|------------|--------------|----------|------|-------|----------------------|----------|
| dy/dx      | std. err.    |          |      |       |                      |          |
| Venerdi    |              |          |      |       |                      |          |
| id_casello |              |          |      |       |                      |          |
| 1          | 5294.446     | 2789.388 | 1.90 | 0.058 | -174.6271            | 10763.52 |
| 1,00       | 4432.26      | 2036.295 | 2.18 | 0.030 | 439.7551             | 8424.765 |
| 100        | 523.6231     | 253.6764 | 2.06 | 0.039 | 26.24693             | 1020.999 |
| 100,00     | 298.4069     | 218.219  | 1.37 | 0.172 | -129.4488            | 726.2626 |
| 108        | 951.5077     | 297.3541 | 3.20 | 0.001 | 368.4941             | 1534.521 |
| 108,00     | 852.1176     | 265.3965 | 3.21 | 0.001 | 331.7623             | 1372.473 |
| 110        | 1383.708     | 284.6283 | 4.86 | 0.000 | 825.6452             | 1941.77  |
| 110,00     | 1136.645     | 249.9684 | 4.55 | 0.000 | 646.5386             | 1626.751 |
| 214        | 1652.238     | 445.1909 | 3.71 | 0.000 | 779.3653             | 2525.112 |
| 214,00     | 1645.99      | 524.788  | 3.14 | 0.002 | 617.0534             | 2674.927 |
| 218        | 661.4846     | 185.863  | 3.56 | 0.000 | 297.0684             | 1025.901 |
| 218,00     | 305.75       | 220.1818 | 1.39 | 0.165 | -125.9541            | 737.4541 |
| 221        | 574.4846     | 171.6105 | 3.35 | 0.001 | 238.0128             | 910.9565 |
| 221,00     | 429.1127     | 152.0407 | 2.82 | 0.005 | 131.0109             | 727.2146 |
| 23         | 1455         | 713.992  | 2.04 | 0.042 | 55.09613             | 2854.904 |
| 23,00      | 2028.667     | 511.5982 | 3.97 | 0.000 | 1025.591             | 3031.743 |

|        |           |          |       |       |           |          |
|--------|-----------|----------|-------|-------|-----------|----------|
| 231    | 223.7077  | 102.568  | 2.18  | 0.029 | 22.60548  | 424.8099 |
| 231,00 | 156.1838  | 87.09735 | 1.79  | 0.073 | -14.58547 | 326.9531 |
| 233    | 289.1231  | 87.23806 | 3.31  | 0.001 | 118.0779  | 460.1683 |
| 233,00 | 171.8627  | 77.78812 | 2.21  | 0.027 | 19.3458   | 324.3797 |
| 246    | -329.5538 | 717.1269 | -0.46 | 0.646 | -1735.604 | 1076.496 |
| 246,00 | -374.0319 | 343.9959 | -1.09 | 0.277 | -1048.495 | 300.431  |
| 260    | 958.2154  | 347.9511 | 2.75  | 0.006 | 275.9976  | 1640.433 |
| 260,00 | 1039.086  | 394.7086 | 2.63  | 0.009 | 265.1918  | 1812.98  |
| 262    | 661.4     | 247.4332 | 2.67  | 0.008 | 176.2647  | 1146.535 |
| 262,00 | 290.8235  | 210.5751 | 1.38  | 0.167 | -122.045  | 703.6921 |
| 3      | 4913.985  | 2987.965 | 1.64  | 0.100 | -944.4335 | 10772.4  |
| 3,00   | 3432.24   | 884.7158 | 3.88  | 0.000 | 1697.603  | 5166.877 |
| 31     | 334.9462  | 230.6958 | 1.45  | 0.147 | -117.3725 | 787.2648 |
| 31,00  | 179.7549  | 76.48486 | 2.35  | 0.019 | 29.79321  | 329.7166 |
| 337    | 822.8     | 160.7653 | 5.12  | 0.000 | 507.592   | 1138.008 |
| 337,00 | 734.2304  | 186.1474 | 3.94  | 0.000 | 369.2564  | 1099.204 |
| 345    | 595.6615  | 294.6228 | 2.02  | 0.043 | 18.00299  | 1173.32  |
| 345,00 | 372.2475  | 194.0022 | 1.92  | 0.055 | -8.126956 | 752.6221 |
| 36     | -275.9538 | 787.6137 | -0.35 | 0.726 | -1820.206 | 1268.298 |
| 36,00  | -745.4093 | 713.643  | -1.04 | 0.296 | -2144.629 | 653.8101 |
| 4      | 910.6538  | 244.2394 | 3.73  | 0.000 | 431.7805  | 1389.527 |
| 4,00   | 607.5809  | 235.057  | 2.58  | 0.010 | 146.7114  | 1068.45  |
| 41     | 673.4538  | 497.5004 | 1.35  | 0.176 | -301.981  | 1648.889 |
| 41,00  | 157.3799  | 176.3037 | 0.89  | 0.372 | -188.2936 | 503.0535 |
| 524    | 763.7154  | 262.1319 | 2.91  | 0.004 | 249.7609  | 1277.67  |
| 524,00 | 709.2647  | 200.1409 | 3.54  | 0.000 | 316.8541  | 1101.675 |
| 528    | 2699.408  | 462.8689 | 5.83  | 0.000 | 1791.874  | 3606.942 |
| 528,00 | 2673.591  | 535.0568 | 5.00  | 0.000 | 1624.52   | 3722.661 |
| 545    | 190.4846  | 520.7128 | 0.37  | 0.715 | -830.4621 | 1211.431 |
| 545,00 | -53.09559 | 248.063  | -0.21 | 0.831 | -539.4656 | 433.2744 |
| 6      | 825.3     | 809.3871 | 1.02  | 0.308 | -761.6423 | 2412.242 |
| 6,00   | 635.6446  | 280.446  | 2.27  | 0.023 | 85.78209  | 1185.507 |
| 61     | 528.6231  | 82.94934 | 6.37  | 0.000 | 365.9867  | 691.2595 |
| 61,00  | 467.6691  | 92.97751 | 5.03  | 0.000 | 285.3708  | 649.9675 |
| 648    | 3865.631  | 583.5842 | 6.62  | 0.000 | 2721.414  | 5009.848 |
| 648,00 | 3280.458  | 574.7302 | 5.71  | 0.000 | 2153.601  | 4407.315 |
| 656    | -44.8     | 264.5469 | -0.17 | 0.866 | -563.4896 | 473.8896 |
| 656,00 | 208.6471  | 221.7132 | 0.94  | 0.347 | -226.0596 | 643.3537 |
| 708    | 499.8769  | 140.6089 | 3.56  | 0.000 | 224.1891  | 775.5647 |
| 708,00 | 456.3431  | 75.87813 | 6.01  | 0.000 | 307.5711  | 605.1152 |
| 716    | 624.2231  | 616.5307 | 1.01  | 0.311 | -584.5911 | 1833.037 |
| 716,00 | 699.201   | 720.501  | 0.97  | 0.332 | -713.4649 | 2111.867 |
| 725    | 112.4385  | 20.836   | 5.40  | 0.000 | 71.58591  | 153.291  |
| 725,00 | 95.7598   | 14.55087 | 6.58  | 0.000 | 67.23032  | 124.2893 |
| 728    | 47.69231  | 25.41896 | 1.88  | 0.061 | -2.145932 | 97.53055 |
| 728,00 | 46.03186  | 14.84184 | 3.10  | 0.002 | 16.9319   | 75.13183 |
| 736    | 217.4692  | 48.22006 | 4.51  | 0.000 | 122.9255  | 312.0129 |
| 736,00 | 147.5294  | 29.79937 | 4.95  | 0.000 | 89.10264  | 205.9562 |
| 737    | 1246.269  | 833.8956 | 1.49  | 0.135 | -388.7261 | 2881.265 |
| 737,00 | 503.7279  | 121.0062 | 4.16  | 0.000 | 266.4746  | 740.9813 |
| 740    | 87.53077  | 23.01982 | 3.80  | 0.000 | 42.39647  | 132.6651 |
| 740,00 | 75.90686  | 16.92688 | 4.48  | 0.000 | 42.71882  | 109.0949 |
| 742    | 537.8077  | 267.8176 | 2.01  | 0.045 | 12.7054   | 1062.91  |
| 742,00 | 359.6054  | 49.85615 | 7.21  | 0.000 | 261.8539  | 457.3569 |
| 779    | 4008.031  | 1093.199 | 3.67  | 0.000 | 1864.627  | 6151.435 |
| 779,00 | 2846.718  | 351.0165 | 8.11  | 0.000 | 2158.49   | 3534.946 |
| 782    | 844.1692  | 180.9435 | 4.67  | 0.000 | 489.3984  | 1198.94  |
| 782,00 | 813.4632  | 131.0525 | 6.21  | 0.000 | 556.5124  | 1070.414 |
| 784    | 961.5615  | 209.7487 | 4.58  | 0.000 | 550.3132  | 1372.81  |
| 784,00 | 851.8971  | 165.5727 | 5.15  | 0.000 | 527.2634  | 1176.531 |
| 8      | -305.8385 | 571.3654 | -0.54 | 0.592 | -1426.098 | 814.4214 |
| 8,00   | 234.9804  | 185.8127 | 1.26  | 0.206 | -129.3372 | 599.298  |

Figura 29: Effetto marginale del venerdì per ogni casello del campione<sup>12</sup>.  
Fonte: lavoro personale su Stata.

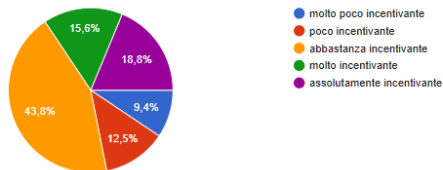
<sup>12</sup> Nell'output di Stata relativo al comando margins, over(id\_casello), la colonna recante valori del tipo ID.00 rappresenta un identificativo interno del gruppo generato da over() e non ha significato interpretativo. Ai fini dell'analisi si considerano esclusivamente le stime associate all'ID effettivo del casello. Tale colonna deriva dall'indice interno \_over utilizzato da Stata per calcolare le predizioni marginali e viene riportata automaticamente per ragioni di calcolo, ma non corrisponde a un valore reale della variabile.



## 12 APPENDICE D- RISULTATI DEL QUESTIONARIO SUGLI INCENTIVI

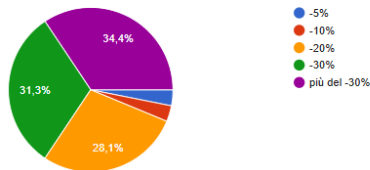
Tariffe autostradali più basse durante la notte.

 [Copia grafico](#)



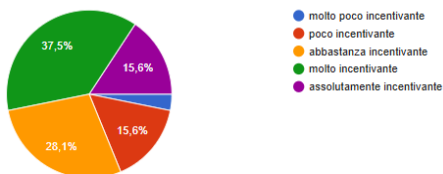
Con riferimento al quesito precedente, qual è il differenziale minimo di prezzo che ti motivi a spostare l'itinerario in fasce orarie notturne piuttosto che diurne ?

 [Copia grafico](#)



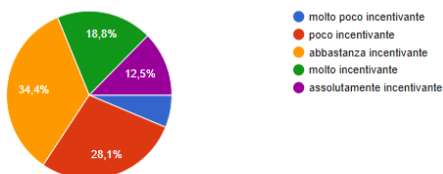
La presenza di stazioni di servizio, ristoranti, e aree di sosta attive durante la notte, con orari prolungati.

 [Copia grafico](#)



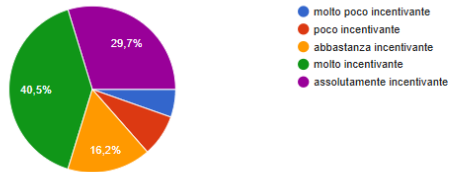
Sconti nei servizi accessori di ristorazione presenti lungo il tratto autostradale.

 [Copia grafico](#)



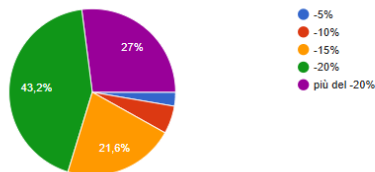
Sconti nei servizi accessori di rifornimento carburante presenti lungo il tratto autostradale.

[Copia grafico](#)



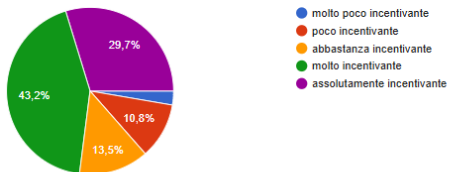
Con riferimento al quesito precedente, qual è il differenziale minimo di prezzo che ti motivi a spostare l'itinerario in fasce orarie notturne piuttosto che diurne ?

[Copia grafico](#)



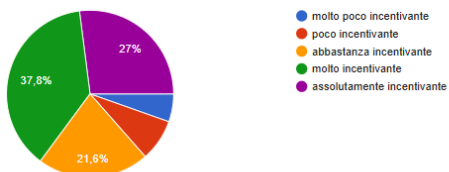
Migliore illuminazione e visibilità

[Copia grafico](#)



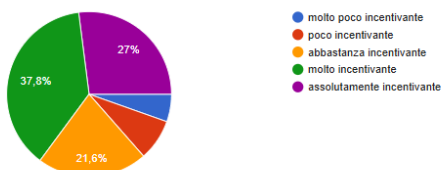
Punti di assistenza autostradale notturna (per esempio, servizio di traino o pronto intervento in caso di guasto)

[Copia grafico](#)



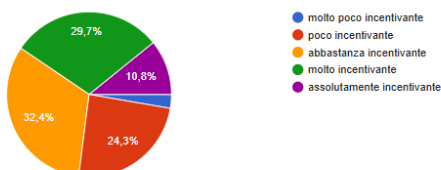
Punti di assistenza autostradale notturna (per esempio, servizio di traino o pronto intervento in caso di guasto)

[Copia grafico](#)



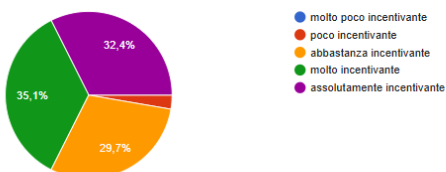
Programmi di fidelizzazione o premi che ricompensino gli automobilisti che viaggiano di notte, come un sistema di punti per sconti su future tariffe autostradali.

[Copia grafico](#)



La presenza di un numero inferiore di camion nel tratto autostradale.

[Copia grafico](#)



Miglioramenti nel comfort dei mezzi di trasporto pubblici (come autobus o trasporti collettivi): sedili più confortevoli, Wi-Fi e altre eventuali comodità accessorie.

[Copia grafico](#)

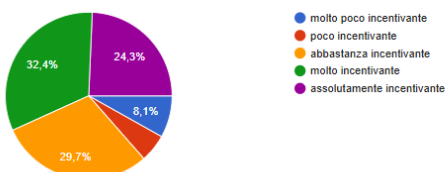




Figura 30: Risultati del questionario proposto in fase preliminare.

## 13 BIBLIOGRAFIA

---

Autorità di Regolazione dei Trasporti. (2024). *Analisi di impatto della regolazione – Delibera* n. 132/2024.

Link: [https://www.autorita-trasporti.it/wp-content/uploads/2024/09/AIR-delibera-n.-132\\_2024\\_signed.pdf](https://www.autorita-trasporti.it/wp-content/uploads/2024/09/AIR-delibera-n.-132_2024_signed.pdf)

Barth, M., & Boriboonsomsin, K. (2008). Real-world carbon dioxide impacts of traffic congestion. *Transportation Research Record*, 2058, 163–171.

Link: [Real-World Carbon Dioxide Impacts of Traffic Congestion - Matthew Barth, Kanok Boriboonsomsin, 2008](#)

Bounie, D., & Dubus, A. (2020). Behavioral design in public transport pricing. *Journal of Behavioral Economics for Policy*, 4(S), 57–64.

Link: [Journal of Behavioral Economics for Policy \(JBEP\) - SABE](#)

Bueno, P. C., Gomez, J., & Vassallo, J. M. (2017). Factors influencing public acceptability of road pricing. *Transportation Research Record*, 2606(1), 18–26.

Link: <https://doi.org/10.3141/2606-02>

Burris, M. W. (2003). The toll-price component of travel demand elasticity. *International Journal of Transport Economics* 30(1), 45–59.

Link: <https://www.jstor.org/stable/42747647>

Cambini, C., Pino, F., & Saltari, L. (2024). Le autostrade. In C. Cambini, A. Manganelli, G. Napolitano, & A. Nicita (a cura di), *Economia e diritto della regolazione: Reti, piattaforme e servizi di pubblica utilità* (Cap. 17). Il Mulino.

Link: [il Mulino - Volumi - CARLO CAMBINI, ANTONIO MANGANELLI, GIULIO NAPOLITANO, ANTONIO NICITA \(a cura di\), Economia e diritto della regolazione](#)

Cashback - Autostrade per l'Italia. (n.d.).

Link: [Toll cashback - Autostrade per l'Italia](#)

Commissione europea. (2022, 13 maggio). *Le ragioni della congestione delle nostre città*.

Link: [https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/reasons-behind-our-congested-cities-2022-05-13\\_enù](https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/news-events/news/reasons-behind-our-congested-cities-2022-05-13_enù)

Commissione europea. (2025, 17 giugno). *La Commissione propone un piano per eliminare gradualmente le importazioni di gas e petrolio dalla Russia.*

Link: [https://commission.europa.eu/news-and-media/news/commission-proposes-plan-phase-out-russian-gas-and-oil-imports-2025-06-17\\_en](https://commission.europa.eu/news-and-media/news/commission-proposes-plan-phase-out-russian-gas-and-oil-imports-2025-06-17_en)

Consilium. (n.d.). *Da dove proviene il gas dell'UE?*

Link: <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/where-does-the-eu-s-gas-come-from>

De Palma, A., & Lindsey, R. (2011). Traffic congestion pricing methodologies and technologies. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19, 1377–1399.

Link: [Traffic congestion pricing methodologies and technologies - ScienceDirect](#)

Federal Highway Administration. (2007). *Next Generation Simulation (NGSIM) Program.*

Link: <https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/ngsim.htm>

Federal Highway Administration. (2008). *Value Pricing Project Quarterly Report (January–March 2008).*

Link:

[https://ops.fhwa.dot.gov/congestionpricing/value\\_pricing/pubs\\_reports/quarterlyreport/qrt1rpt08/index.htm](https://ops.fhwa.dot.gov/congestionpricing/value_pricing/pubs_reports/quarterlyreport/qrt1rpt08/index.htm)

Federal Highway Administration. (2019). *Does Travel Time Reliability Matter?* (FHWA-HOP-19-062).

Link: [Does Travel Time Reliability Matter? - Primer - FHWA Office of Operations](#)

HDR/Decision Economics. (2009). *Assessing the Full Costs of Congestion on Surface Transportation Systems and Reducing Them through Pricing.* U.S. Department of Transportation.

Link: [Microsoft Word - Costs of Surface Transportation Congestion 2 .doc](#)

Leape, J. (2006). The London Congestion Charge. *Journal of Economic Perspectives*, 20(4), 157–176.

Link: <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.20.4.157>

Litman, T. (2024, 16 dicembre). *Understanding Transport Demands and Elasticities: How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior*. Victoria Transport Policy Institute.

Link: <https://www.vtpi.org/elasticities.pdf>

LTA. (n.d.). *Electronic Road Pricing (ERP)*.

Link:

<https://onemotoring.lta.gov.sg/content/onemotoring/home/driving/ERP/ERP.html>

Lunn, P. D. (2014). *Regulatory Policy and Behavioural Economics*. OECD Publishing.

Link: <https://doi.org/10.1787/9789264207851-en>

Matas, A., & Raymond, J.-L. (n.d.). *Demand Elasticity on Tolled Motorways*. Universitat Autònoma de Barcelona.

Link: [\(PDF\) The demand elasticity on tolled motorways](#)

OECD. (2017). *Behavioural Insights and Public Policy: Lessons from Around the World*. OECD Publishing.

Link: <https://doi.org/10.1787/9789264270480-en>

Parry, I. W. H., Walls, M., & Harrington, W. (2007). Automobile externalities and policies. *Journal of Economic Literature*, 45(2), 373–399.

Link: [Automobile Externalities and Policies - American Economic Association](#)

Planetizen. (2007). *Congestion Pricing Plan di Bloomberg: cosa è andato storto*.

Link: <https://www.planetizen.com/node/25809>

San Francisco County Transportation Authority. (n.d.). *Congestion Pricing in Other Cities*.

Link: <https://www.sfcta.org/sites/default/files/2020-03/Congestion%20Pricing%20in%20Other%20Cities.pdf>

Sánchez González, S., Bedoya-Maya, F., & Calatayud, A. (2021). *Understanding the effect of traffic congestion on accidents using big data*. *Sustainability*, 13(13), Article 7500.

Link: [\(PDF\) Understanding the Effect of Traffic Congestion on Accidents Using Big Data](#)

Schade, J., & Schlag, B. (2001). Acceptability of urban transport pricing strategies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 4(1), 45–61.

Link: [\(PDF\) Acceptability of Urban Transport Pricing Strategies](#)

Singichetti, B., Conklin, J. L., Hassmiller Lich, K., Sabounchi, N. S., & Naumann, R. B. (2021). Congestion pricing policies and safety implications: A scoping review. *Journal of Urban Health*, 98(6), 754–771.

Link: [Congestion Pricing Policies and Safety Implications: a Scoping Review - PubMed](#)

Strade e Autostrade. (2025, 10 febbraio). *Osservatorio del traffico ANAS: a gennaio 2025 – 2 % di traffico rispetto a gennaio 2024*.

Link: <https://www.stradeeautostrade.it/notizie/2025/osservatorio-del-traffico-anas-a-gennaio-2025-2-di-traffico-rispetto-a-gennaio-2024/>

TfL. (2005). *Annual Report 2004–2005*.

Link: <https://content.tfl.gov.uk/annrep-04-05.pdf>

Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*. Yale University Press.

Link: [\(PDF\) Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness, R.H. Thaler, C.R. Sunstein. Yale University Press, New Haven \(2008\), 293 pp](#)

Tools of Change. (n.d.). *Case Study: Congestion Pricing*.

Link: <https://www.toolsofchange.com/en/case-studies/detail/670>

Traffic-simulation.de. (2008). *How much does traffic congestion increase fuel consumption and emissions?* Treiber, M., Kesting, A., & Thiemann, C.

Link: [\(PDF\) How Much does Traffic Congestion Increase Fuel Consumption and Emissions? Applying a Fuel Consumption Model to the NGSIM Trajectory Data](#)

TRID. (n.d.). *Road pricing acceptability and persuasive communication effectiveness*.

Link: <https://trid.trb.org/View/1953412>