

Tronco

A51 - TANGENZIALE EST DI MILANO

Oggetto

NUOVA ZONA DI SCAMBIO IN CARREGGIATA SUD TRA SVINCOLO "FORLANINI"
E LA NUOVA USCITA "MECENATE-CAMM"

CUP: D41B22001500005

Fase progettuale

STUDIO DI FATTIBILITA'

LA CONCEDENTE



LA CONCESSIONARIA



Il progettista



Descrizione elaborato

GEN - PARTE GENERALE

-
-
Analisi costi benefici
-

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	29/04/2022	EMISSIONE	POLITECNICO	POLITECNICO	POLITECNICO
B	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-

Codifica elaborato

3	0	8	4	F	G	E	N	0	0	5	E	0	X	X	X	X	X	A	-
Codice				Fase	Ambito				Progressivo		Tipo	Lotto	Zona		Opera			Tratto	Rev

Scala

-

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA MILANO SERRAVALLE MILANO TANGENZIALI S.P.A. .
OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.

THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF MILANO SERRAVALLE MILANO TANGENZIALI S.P.A. .
UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTE BY LAW.

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	APPROCCIO METODOLOGICO.....	4
3	DATI DI TRAFFICO	5
4	BENEFICI.....	8
4.1	RISPARMI DI TEMPO	8
4.2	ESTERNALITÀ.....	9
4.2.1	Incidentalità.....	10
4.2.2	Emissione di inquinanti locali.....	13
4.2.3	Emissione di gas climalteranti	15
4.3	SINTESI DEI BENEFICI COMPLESSIVI DELL'INTERVENTO	16
5	COSTI ECONOMICI.....	16
5.1	COSTI DI REALIZZAZIONE	16
5.1.1	Valore residuo dell'opera	17
5.2	COSTI DI GESTIONE	17
6	RISULTATI DELL'ANALISI.....	17
6.1	VALORE ATTUALE NETTO ECONOMICO (VANE)	17
6.2	TASSO INTERNO DI RENDIMENTO ECONOMICO (TIRE)	18
6.3	RAPPORTO BENEFICI-COSTI (B/C).....	18
6.4	ANALISI DI SENSITIVITÀ.....	18
6.4.1	Riduzione dei risparmi di tempo	18
6.4.2	Ritardi nella realizzazione dell'intervento e incremento dei costi	19
6.4.3	Variazione del tasso di sconto	19
7	CONCLUSIONI	20
	ALLEGATO A	22

1 INTRODUZIONE

Il progetto che viene analizzato in questo documento riguarda l'ampliamento della carreggiata Sud dell'autostrada A51 Tangenziale Est di Milano tra gli svincoli di Forlanini e Mecenate. Tale tratta autostradale è oggetto di una riprogettazione nell'ambito della riqualificazione del quartiere di Santa Giulia (Figura 1.1), che prevede nuovi insediamenti produttivi, tra cui la nuova Arena (inclusa nel dossier olimpico Milano-Cortina 2026) e nuovi insediamenti residenziali da realizzarsi nel prossimo decennio.

Dallo studio ambientale è emerso che tale riqualificazione genererà un incremento di flussi di traffico in attrazione e generazione, che andranno a caricare ulteriormente la tratta autostradale in esame riducendone il livello di servizio (da LoS D a LoS E o F) creando disagi alla circolazione.

In aggiunta agli interventi già previsti di riprogettazione dello svincolo di Mecenate (scenario di riferimento), è stato previsto, quindi, un ulteriore ampliamento della carreggiata Sud con due corsie aggiuntive dal suddetto svincolo di Mecenate a quello di Forlanini per fluidificare la circolazione del traffico veicolare mediante la realizzazione di un'area di scambio di lunghezza pari a circa 600 metri (scenario di progetto) – Figura 1.2.



Figura 1.1 - Immagine satellitare dall'area coinvolta

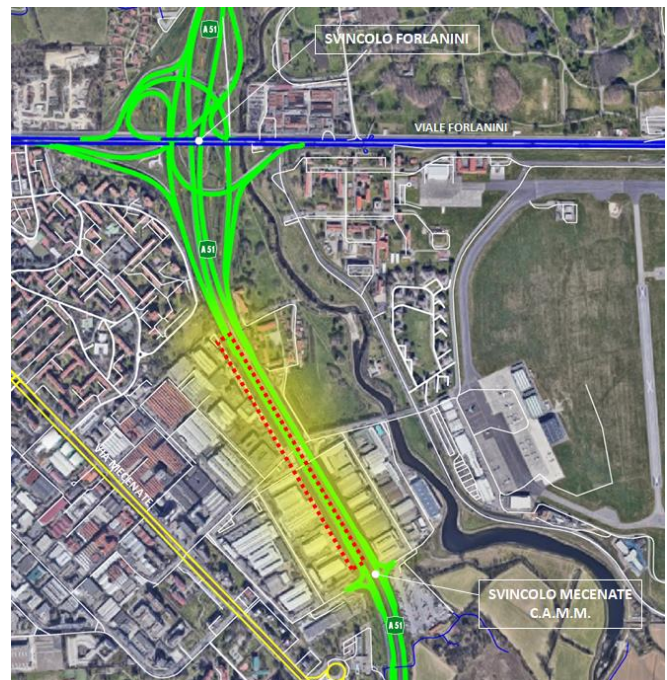
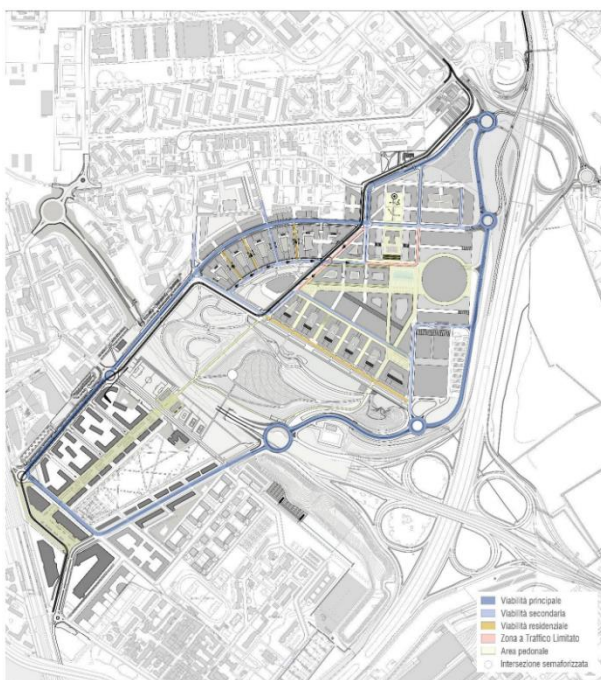


Figura 1.2 - Scenario di riferimento (sinistra), con la riorganizzazione della viabilità attorno allo svincolo di Mecenate, e scenario di progetto (destra), dove si evidenzia la zona di intervento di ampliamento della carreggiata Sud

Dai risultati delle simulazioni di traffico eseguite nell'analisi trasportistica, si evince che tale intervento ripristina un livello di servizio LoS D, risolvendo le criticità dovute all'aumento dei flussi di traffico indotti dai nuovi insediamenti.

In questo documento si valuta la convenienza economica di tale intervento confrontando gli impatti (diretti e indiretti) con i costi di ampliamento del progetto (tra Mecenate e Forlanini). A tal fine si utilizza l'analisi costi-benefici, così come indicato nelle *"Linee Guida per la Valutazione degli Investimenti in Opere Pubbliche"* (ex D.M. 300/2017) e come suggerito dalle *best practice* europee (*"Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects"* – Commissione Europea, 2014).

2 APPROCCIO METODOLOGICO

Dal punto di vista metodologico, nella valutazione economica di un investimento, l'analisi costi-benefici considera gli effetti differenziali dello stesso rispetto ad uno scenario di riferimento. L'analisi viene dunque sviluppata sulla differenza tra benefici e costi incrementali del progetto (scenario di progetto) e benefici e costi incrementali che si potrebbero altrimenti manifestare in assenza di intervento (scenario di riferimento). Lo "scenario di riferimento" presenta tipicamente alcune differenze rispetto allo scenario "attuale", in quanto include gli interventi già realizzati o programmati (e approvati) al momento dell'analisi.

All'interno dell'analisi gli elementi determinanti possono essere sinteticamente riepilogati in:

- costi di investimento economici;
- costi di esercizio economici;
- benefici economici.

I costi di investimento possono essere distinti in: opere civili, impianti, manodopera, noli e trasporti e secondo la tempistica di realizzazione prevista. I costi di esercizio considerano: i costi di personale, le utenze, e i costi di manutenzione ordinaria e straordinaria. Essendo l'analisi costi-benefici uno strumento di valutazione della fattibilità di un investimento dal punto di vista della collettività, occorre considerare il costo "economico" dell'investimento, ovvero il costo finanziario dell'investimento al netto delle tasse e dei trasferimenti (oneri, assicurazioni, pedaggi...). La trasformazione dei costi da finanziari in economici è effettuata mediante l'applicazione di opportuni fattori di conversione. Tutti i costi vengono contabilizzati considerando la differenza tra la situazione di progetto e quella di riferimento. Si tiene altresì conto dei costi e benefici esterni (sociali e ambientali), procedendo alla monetizzazione degli stessi, laddove possibile.

Gli indicatori sintetici di redditività economica che vengono calcolati ai fini della valutazione dell'intervento sono i seguenti:

- Tasso Interno di Rendimento Economico (TIRE);
- Valore Attuale Netto Economico (VANE);
- Rapporto Benefici/Costi attualizzati (B/C).

Lo schema di valutazione proposto prevede la comparazione dei valori attualizzati all'anno di riferimento dell'analisi – nel caso in esame l'anno 2022 – dei futuri costi di realizzazione e gestione dell'intervento, nonché dei benefici ed esternalità che essa provocherà. L'orizzonte temporale di analisi dipende dalla tipologia di opera e, per le autostrade, è fissato dalle Linee Guida Italiane pari a 30 anni dalla entrata in servizio. Pertanto, nel caso in esame si assumeranno i seguenti anni di riferimento temporale:

- Anno 2022: anno rispetto al quale attualizzare i benefici e i costi ("Anno 0");
- Anno 2026: anno di entrata in esercizio dell'intervento;
- Anno 2032: anno in cui si assume il completamento di tutti gli interventi (anche quelli urbanistici) previsti nel quartiere di Santa Giulia (ovvero, l'anno in cui i flussi di traffico che interessano l'opera raggiungono il livello stimato nelle simulazioni di traffico "a regime");
- Anno 2056: anno di fine vita utile dell'opera.

3 DATI DI TRAFFICO

L'analisi trasportistica ha fornito le previsioni dei flussi di traffico nelle fasce orarie di punta e le previsioni dei tempi di percorrenza e delle velocità medie, necessari per la stima dei benefici. Tali previsioni sono state utilizzate per stimare le variazioni di tempi di percorrenza (veic-h) per gli scenari di riferimento e di progetto.

Lo scenario di riferimento considera il numero di spostamenti che si manifesterebbe avendo realizzato gli interventi già programmati (riorganizzazione dello svincolo di Mecenate), mentre lo scenario di progetto prevede l'ampliamento da tre a cinque corsie della carreggiata Sud della A51 tra gli svincoli di Forlanini e Mecenate (Tratta 3 in figura 3.1), con complessivo riadeguamento viabilistico.

L'analisi è stata condotta sui due momenti della giornata più critici per l'infrastruttura: l'ora di punta mattutina (HPM) e l'ora di punta serale (HPS).

Con riferimento alla schematizzazione dell'area di intervento riportata in figura 3.1 e costituito da 5 tratte fondamentali, si osserva che (Tabella 3.1):

- nell'ora di punta mattutina il traffico sulla tratta oggetto dell'intervento (Tratta 3) è pari a circa 7.150 veic/h di cui 6.100 veic/h provenienti dall'asse principale della tangenziale (tratta 1) e 1.050 veic/h in ingresso dallo svincolo Forlanini in direzione sud (tratta2);
- nell'ora di punta serale, il traffico sulla tratta oggetto dell'intervento (Tratta 3) è pari a circa 6.700 veic/h di cui 5.500 veic/h proveniente dall'asse principale della tangenziale (tratta 1) e 1.200 veic/h in ingresso dallo svincolo Forlanini in direzione sud (tratta2).

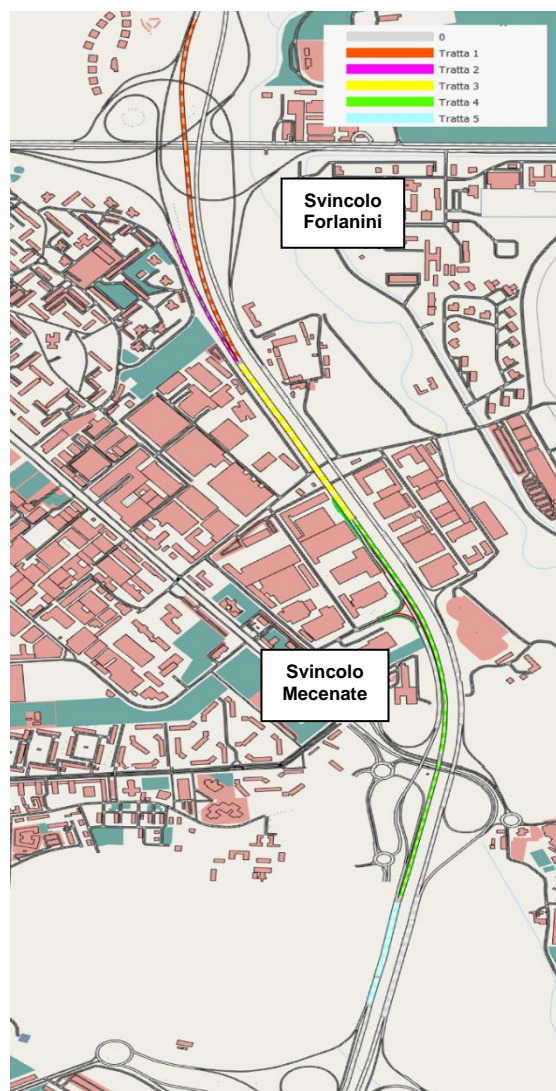


Figura 3.1 - Segmenti della Tangenziale Est di Milano presi in esame per la micro-simulazione dei flussi veicolari nelle ore di punta mattutina e serale

Tabella 3.1 – flusso stimato sulle tratte interessate dall'intervento nello scenario di progetto nell'ora di punta mattutina (HPM) e nell'ora di punta serale (HPS)

	Flusso HPM [veic/h]	Flusso HPS [veic/h]
Tratta 1	6.090	5.505
Tratta 2	1.069	1.188
Tratta 3	7.159	6.693
Tratta 4	5.518	4.780
Tratta 5	6.247	5.691

La micro-simulazione condotta nell'analisi trasportistica consente di stimare la variazione di prestazioni che si hanno nello scenario di progetto rispetto allo scenario di riferimento. In particolare, si stima un aumento delle velocità medie da circa 40 km/h a 85 km/h e risparmi di tempo compresi tra

2 e 3 minuti per veicolo sia nella fascia di punta mattutina e che in quella serale (Tabella 3.2 e Tabella 3.3).

Tabella 3.2 - Stima parametri prestazionali medi per lo scenario di riferimento (HPM e HPS)

<i>HPM</i>	Perditempo [sec/veic]	Velocità [km/h]	Densità [veic/km]
Tratta 1	152	19	89
Tratta 2	17	45	20
Tratta 3	21	53	56
Tratta 4	0	92	17
Tratta 5	0	93	12

<i>HPS</i>	Perditempo [sec/veic]	Velocità [km/h]	Densità [veic/km]
Tratta 1	107	37	69
Tratta 2	160	11	85
Tratta 3	19	51	53
Tratta 4	0,4	93	16
Tratta 5	0,4	93	12

Tabella 3.3 - Stima parametri prestazionali medi per lo scenario di progetto (HPM e HPS)

<i>HPM</i>	Perditempo [sec/veic]	Velocità [km/h]	Densità [veic/km]
Tratta 1	4,1	88	23
Tratta 2	0,7	53	10
Tratta 3	3,0	85	17
Tratta 4	0,6	91	20
Tratta 5	0,4	93	14

<i>HPS</i>	Perditempo [sec/veic]	Velocità [km/h]	Densità [veic/km]
Tratta 1	3,5	89	21
Tratta 2	0,7	53	11
Tratta 3	3,1	84	16
Tratta 4	0,5	92	17
Tratta 5	0,4	93	12

Tabella 3.4 - Variazione di tempi di percorrenza nelle ore di punta mattutina e serale per gli scenari in analisi

Scenario	HPM [veh-h]	HPS [veh-h]
Riferimento	304,3	252,3
Progetto	13,1	11,3
Δ (progetto – riferimento)	-291,2	-241,0
$\Delta\%$ (progetto – riferimento)	-96%	-96%

Considerando i flussi veicolari in transito sulla tangenziale nelle fasce orarie di punta si ottiene nello scenario di progetto un risparmio di tempo complessivo rispetto allo scenario di riferimento pari a circa 530 ore (ottenuto come somma dei Δ (progetto – riferimento) di -291,2 e -241,0 veic-h riportati in

Tabella 3.4). Tali differenze fanno riferimento alle sole ore di punta mattutina (h.8:00-9:00) e serale (h.16:00-17:00), che costituiscono i principali momenti di sovraccarico della rete.

Per stimare i benefici annui, occorre dapprima riportare i benefici nelle ore di punta al giorno (feriale e festivo) e poi riportare tali benefici all'anno. Poiché i benefici dell'intervento derivano principalmente dalla riduzione della congestione sulle tratte considerate, occorre preliminarmente individuare quali siano le fasce orarie della giornata in cui si verificano fenomeni di congestione (oltre a quelle di punta). Le curve dei flussi di traffico giornalieri rilevati nel giorno feriale e nel giorno festivo, riportate in Figura 3.2, in una settimana tipo dell'anno 2019, mostrano che:

- nei giorni feriali i livelli di traffico si mantengono elevati anche nelle ore centrali della giornata;
- nei giorni festivi si raggiungono livelli di traffico che congestionano l'infrastruttura, anche se in fasce orarie differenti da quelle dei giorni feriali (h.11:00-12:00 e h.19:00-20:00).

Ciò porta a ritenere che:

- nei giorni feriali, gli effetti dell'intervento producano una riduzione di congestione, e quindi producano benefici economici anche durante tutta la giornata;
- l'intervento produce dei benefici anche nei giorni festivi, in quanto permette di ridurre la congestione nelle ore di punta, pur essendo i volumi di traffico inferiori di circa il 27% rispetto all'ora di punta mattutina feriale e di circa l'11% rispetto all'ora di punta serale feriale.

Tuttavia, poiché le fasce orarie di morbida non sono state simulate si è scelto di trascurare tali benefici operando, in tal modo, a vantaggio di sicurezza (secondo il principio "stay on the safe side" suggerito dalle Linee Guida nazionali ed internazionali). Nel calcolo dei benefici diretti e indiretti, pertanto si farà riferimento unicamente ai benefici stimati nelle ore di punta mattutina e serale dei giorni feriali e festivi.

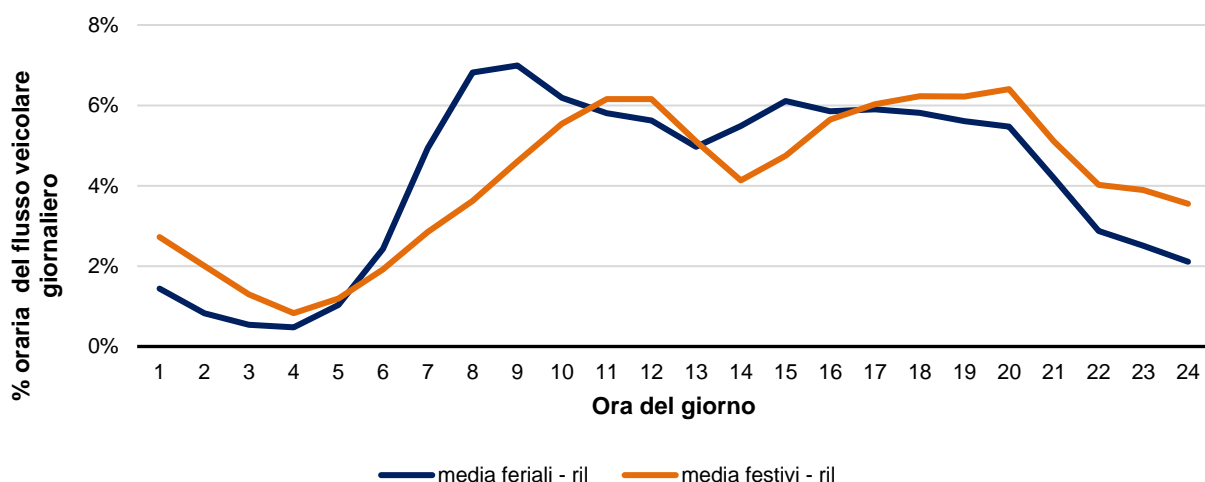


Figura 3.2 - Curve di traffico lungo la tratta della A51 in esame

Assumendo un numero di giorni feriali pari a 220 e 145 giorni festivi in un anno e considerando la relativa variazione di flusso veicolare, si è stimato il beneficio annuale nelle percorrenze pari a 179.000 veic-h – Tabella 3.5.

Tabella 3.5 - variazioni annue nei tempi di percorrenza

Scenario	Veic-h / anno
Riferimento	187.337
Progetto	8.238
Δ (progetto – riferimento)	-179.099

Per la distribuzione dei benefici nei 30 anni di vita utile dell'intervento (2026-2056), è stato ipotizzato che:

- a) per tener conto del fatto che l'anno in cui si completa l'intervento autostradale (2026) differisce dall'anno in cui si completa l'intervento urbanistico di riqualificazione del quartiere di Santa Giulia (2032), il livello di domanda previsto nello scenario di progetto si raggiunga all'anno 2032 linearmente a partire dal 2026 e che i benefici stimati all'anno 2026 siano il 50% di quelli a regime;
- b) il livello di domanda – e quindi i benefici annui dell'intervento – si mantengano costanti a partire dall'anno 2032.

4 BENEFICI

I benefici dell'intervento derivano dalla riduzione della congestione stradale sulla tratta in esame e riguardano principalmente:

- risparmi di tempo e costi operativi (ad es. consumi di carburante) per gli utenti;
- riduzione di emissioni inquinanti e gas climalteranti (GHG) e del numero di incidenti ("Esterneità").

La variazione del livello di congestione stradale, che in base ai risultati delle micro-simulazioni di traffico per le ore di punta si riduce passando da Los F a Los D (si veda l'analisi trasportistica), ha un beneficio per gli utenti in relazione al confort di guida e alla sicurezza percepita. Le Linee Guida ministeriali (D.M. 300/2017) suggeriscono una metodologia aggregata per valutare tale effetto che si basa sulla variazione del rapporto tra volumi di traffico e capacità della tratta autostradale (v/c). Nel caso in esame tale metodologia risulta troppo aggregata e non permette di calcolare correttamente i benefici dovuti alla riduzione di congestione. Pertanto, pur rappresentando tale riduzione di per sé un beneficio per gli utenti dell'infrastruttura, si è scelto di non includerlo nel computo benefici-costi, aumentando in tal modo il margine di sicurezza dei risultati dell'analisi (secondo il principio "*stay on the safe side*" suggerito dalle Linee Guida nazionali ed internazionali).

Per il calcolo delle riduzioni di costi operativi, ovvero quei costi legati ai consumi di carburante e all'usura del veicolo (ad esempio, usura dei freni, pneumatici,...), le Linee Guida suggeriscono una metodologia aggregata che si basa sulla differenza tra le percorrenze (veic-km) tra lo scenario di progetto e quello di riferimento. Nel caso in esame, poiché si assume che la domanda giornaliera rimanga costante nei due scenari (progetto e riferimento), ovvero che l'intervento di adeguamento della carreggiata non induca deviazioni di percorso sulla rete stradale locale e/o deviazioni da altri modi di trasporto, né generi domanda addizionale (domanda indotta), le variazioni chilometriche giornaliere risultano nulle. Pertanto, i benefici per risparmi di costi operativi, stimati con la metodologia aggregata delle Linee Guida, risultano nulli. In realtà, la riduzione della congestione comporta una circolazione più regolare e riduce i fenomeni di "*stop&go*" che possono comportare una maggiore usura dei componenti del veicolo. Tali impatti, seppur presenti, non sono stati inclusi nell'analisi a vantaggio di sicurezza.

Infine, gli impatti (positivi) di un traffico più fluido e regolare sull'inquinamento acustico sono stati considerati trascurabili, essendo prevista l'installazione di barriere fonoassorbenti lungo il tracciato adeguatamente dimensionate per contenere l'emissione del rumore generato dal crescente traffico veicolare.

4.1 Risparmi di tempo

In letteratura esistono due metodologie per la monetizzazione del valore del tempo (VoT). Il primo metodo lega il VoT al costo orario della forza lavoro, nell'ipotesi che il tempo impiegato per viaggi connessi all'attività lavorativa potrebbe essere impiegato in un'attività remunerativa alternativa e, pertanto, rappresenta un costo per il datore di lavoro. Il secondo metodo stima il VoT di viaggio per motivi non solo lavorativi, tipicamente attraverso l'elaborazione di un modello di scelta discreta,

utilizzando le preferenze espresse dai viaggiatori rispetto a diverse alternative di viaggio (caratterizzate da diversi tempi e costi, ad esempio percorsi o modi di trasporto alternativi).

La Tabella 4.1, estratta dalle Linee Guida riporta dei range indicativi per i parametri del valore del tempo di viaggio, con riferimento al trasporto passeggeri, segmentati per motivo dello spostamento e classe di distanza del viaggio.

Tabella 4.1 - Valori del tempo [Euro-2016/ h] per motivo dello spostamento. Fonte: Linee Guida del D.M. 300/2017

	Business (Euro/h)	Pendolarismo (Euro/h)	Altri motivi (Euro/h)
Spostamenti urbani e metropolitani	12-20	5-10	5-15
Spostamenti su medie e lunghe distanze	20-35	10-15	10-25

Per l'analisi in questione è stato adottato un VoT per singolo passeggero pari a 8,50 €/h. Tale valore è stato calcolato a partire dai valori riportati in Tabella 4.1 per gli spostamenti urbani e metropolitani per le classi di utenti che si spostano per business e pendolarismo, successivamente pesati sulle percentuali dei motivi di spostamento rilevati dalla matrice origine-destinazione di Regione Lombardia nel 2014. Il traffico transitante lungo la A51 è composto anche da una quota di persone che si spostano su medie e lunghe distanze, tuttavia, l'adozione di valori indicativi di VoT per gli spostamenti urbani fa risultare l'analisi più cautelativa. Infine, per il calcolo dei benefici complessivi è stato ipotizzato un coefficiente di riempimento dei veicoli leggeri pari a 1,15 passeggeri/veic.

Relativamente al segmento merci, il range di VoT suggerito dalle Linee Guida (MIT, 2017) varia tra 0,5 e 4,0 €2016 per ton-h, in funzione della tipologia di merce trasportata. In coerenza con quanto suggerito, nell'analisi è stato assunto un VoT merci pari a 1,50 €/ton-h. Nell'ipotesi di tasso di riempimento medio dei veicoli merci pari a 10 tonnellate per veicolo e un costo medio orario per trasportatore pari a 13 €/h, è stato assunto un VoT relativo al singolo veicolo pesante pari a 43 €/h. In Tabella 4.2 vengono riportati i benefici stimati per la riduzione del tempo di percorrenza della tratta in esame.

Tabella 4.2 - Risparmi di tempo all'anno di entrata in esercizio, a regime e a fine periodo di analisi (valore cumulato) [€]

	Anno 2026 (€/anno)	Anno 2032 (€/anno)	Totale attualizzato (3%) – 2026-2056 (€)
Passeggeri	1.520.000	1.610.000	29.300.000
Merci	380.000	410.000	7.300.000
Totali	1.900.000	2.020.000	36.600.000

4.2 Esternalità

Ai fini della presente analisi costi-benefici sono stati considerati i seguenti impatti "esterni" su:

- **Incidentalità**, il cui costo economico può essere determinato sulla base sia di costi diretti (ad esempio: spese mediche, spese amministrative, spese legali), sia di costi indiretti (ad esempio: perdita del valore dei beni e servizi che si sarebbero potuti produrre in assenza di incidenti);
- **Inquinamento atmosferico**, funzione dell'impatto delle emissioni nell'atmosfera di inquinanti quali il biossido di zolfo (SO₂), gli ossidi di azoto (NO_x), il particolato (PM10, PM2.5) ed i composti organici volatili non metanici (COVNM). I fattori di emissione variano in funzione del tipo di veicolo, della tipologia di alimentazione, della classe di emissione e delle caratteristiche dell'area di impatto. Il costo economico dell'inquinamento atmosferico è costituito dagli effetti sulla salute, dai danni materiali e alle costruzioni, dalle perdite di raccolto e dagli impatti sugli ecosistemi e sulla biodiversità;

- **Riscaldamento globale**, che ha una notevole importanza nella valutazione degli impatti ambientali, considerato sia che l'impatto delle emissioni di gas serra non è funzione del luogo in cui si producono, sia che i gas serra, permanendo a lungo nell'atmosfera, hanno effetti di lungo periodo, con impatti difficilmente prevedibili e potenzialmente catastrofici.

4.2.1 INCIDENTALITÀ

Il documento di riferimento *“Linee Guida per la Valutazione degli Investimenti in Opere Pubbliche”*, pubblicato dal MIT nel 2017, suggerisce di stimare i benefici associati alla variazione di incidentalità proporzionalmente alla differenza tra le percorrenze (veic-km) nello scenario di progetto e di riferimento. Nel caso in esame, poiché si assume che la domanda complessiva giornaliera si mantenga costante ed essendo, quindi, la variazione di percorrenze chilometriche nello scenario di progetto nulla rispetto allo scenario di riferimento, questo approccio condurrebbe a benefici nulli.

È tuttavia ragionevole assumere che una riduzione dei fenomeni di congestione e dei fenomeni di *“stop&go”* possano consentire una riduzione di incidentalità della tratta. Pertanto, la variazione di incidentalità e conseguentemente i benefici ad essa associata, sono stati stimati utilizzando la metodologia proposta nell'*Higway Safety Manual*, che tiene in considerazione alcuni aspetti tecnici della sezione della carreggiata in esame per stimare il numero di incidenti annui con morti (FI) e con soli danni a strutture e mezzi (PDO), sia per incidenti riguardanti veicoli singoli che per incidenti che coinvolgono più veicoli.

Il numero di incidenti annui che coinvolgono più veicoli N^* sulla tratta viene calcolato con la seguente formula:

$$N^* = L^* \times e^{a+b \times \ln(c \times AADT_{fs})}$$

dove a , b , e c rappresentano delle costanti del modello – ottenute per interpolazione dei valori riportati dal manuale, che sono funzione sia del numero di corsie della carreggiata che del contesto in cui si trova l'infrastruttura (rurale o urbano); si sono considerati i casi a 3 e 5 corsie per ambito urbano – $AADT_{fs}$ è il volume di traffico medio giornaliero lungo il segmento espresso in veicoli/giorno ed L^* rappresenta la lunghezza effettiva del tratto di strada (espresso in miglia), calcolato come segue:

$$L^* = L_{fs} - \left(0,5 \times \sum_{i=1}^2 L_{en,i} \right) - \left(0,5 \times \sum_{i=1}^2 L_{ex,i} \right)$$

essendo:

- L_{fs} la lunghezza del tratto stradale in esame (espresso in miglia),
- $L_{en,i}$ e $L_{ex,i}$ le lunghezze (in miglia) delle rampe di accesso ed uscita dalla carreggiata.

Per l'analisi in questione sono stati assunti i valori riportati in Tabella 4.3.

Tabella 4.3 - Parametri utilizzati ed incidentalità multi-veicolo annua per lo scenario di riferimento

Variabile	U.M.	Valore FI	Valore PDO
L_{fs}	mi	0,177	0,177
$L_{en,i}$	mi	-	-
$L_{ex,i}$	mi	-	-
L^*	mi	0,285	0,285
a	-	-5,386	-6,391
b	-	1,492	1,936
c	-	0,001	0,001
$AADT_{fs}$	veic/giorno	89044	89044
N^*	inc/anno	1	3

Il valore di N^* così stimato deve essere tuttavia pesato per alcuni fattori correttivi, al fine di calcolare il valore finale di N incidenti:

$$N = N^* \times CMF_1 \times CMF_2 \times CMF_3 \times CMF_4 \times CMF_5$$

essendo

- **CMF₁**

$$CMF_1 = 1,0 + a \times \left[\sum_{i=1}^m \left(\frac{5,730}{R_i^*} \right)^2 \times P_{c,i} \right]$$

con a e $P_{c,i}$ costanti, m il numero di curve sul tratto e R_i^* il raggio di curvatura equivalente; essendo il tratto in analisi rettilineo, il fattore correttivo CMF_1 è stato considerato pari a 1.

- **CMF₂**

$$CMF_2 = \begin{cases} e^{a \times (W_l - 12)}, & W_l < 13 \text{ ft} \\ b, & W_l \geq 13 \text{ ft} \end{cases}$$

con a e b costanti del modello, W_l larghezza della corsia in piedi. I valori utilizzati per il calcolo di questo fattore correttivo sono mostrati di seguito (Tabella 4.4).

Tabella 4.4 - Variabili per il calcolo di CMF_2

Variabile	U.M.	Valore FI	Valore PDO
W_l	ft	12,30	-
a	-	-0,0376	-
b	-	0,963	-
CMF_2	-	0,989	-

- **CMF₃**

$$CMF_3 = e^{a \times (W_{is} - 6)}$$

Con a costante del modello e W_{is} larghezza della banchina interna (in piedi). Tabella 4.5 riporta i valori utilizzati.

Tabella 4.5 - Variabili per il calcolo di CMF_3

Variabile	U.M.	Valore FI	Valore PDO
W_{is}	ft	1,6	1,6
a	-	-0,0172	-0,0153
CMF_3	-	1,078	1,069

- **CMF₄**

$$CMF_4 = (1,0 - P_{ib}) \times e^{a \times (W_m - 2 \times W_{is} - 48)} + P_{ib} \times e^{a \times (W_m - 2 \times W_{icb} - 48)}$$

Dove a è una costante del modello, P_{ib} è la porzione di carreggiata con una barriera spartitraffico nel mezzo, W_m la larghezza (in piedi) della banchina interna, W_{icb} la distanza (in piedi) tra la banchina e la barriera. In Tabella 4.6 sono riportati i valori usati per l'analisi.

Tabella 4.6 - Variabili per il calcolo di CMF_4

Variabile	U.M.	Valore FI	Valore PDO
P_{ib}	-	1,0	1,0
a	-	-0,00302	-0,00291

W_{icb}	ft	1,6	1,6
CMF_4	-	1,145	1,139

- **CMF₅**

$$CMF_5 = (1,0 - P_{ib}) \times 1,0 + P_{ib} \times e^{a/W_{icb}}$$

Dove a è una costante del modello, P_{ib} è la porzione di carreggiata con una barriera spartitraffico nel mezzo, W_{icb} la distanza (in piedi) tra la banchina e la barriera. I valori usati sono riportati in Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Variabili per il calcolo di CMF_5

Variabile	U.M.	Valore FI	Valore PDO
P_{ib}	-	1,0	1,0
a	-	0,131	0,169
W_{icb}	ft	1,6	1,6
CMF_4	-	1,083	1,109

Per l'analisi dell'incidentalità nello scenario di progetto, l'unica variabile soggetta a cambiamento è a , utilizzata in Tabella 4.3 per la stima iniziale di N^* , che assume il valore di -5,538 per incidenti FI e -6,689 per incidenti PDO. Con questi valori sono stati calcolati gli indici di incidentalità corretti per sinistri coinvolgenti più mezzi, sia nello scenario di riferimento che in quello di progetto (Tabella 4.8).

Tabella 4.8 - Incidenti multi-veicolo annui

Incidenti/anno	FI (fatali)	PDO (non fatali)	Totale
Riferimento	2	4	6
Progetto	2	3	5

Per la stima del numero di incidenti coinvolgenti un solo veicolo, l'approccio utilizzato è lo stesso visto nel paragrafo precedente. I valori dei fattori correttivi CMF rimangono invariati, così come i valori di L^* , c , $AADT_{fs}$. Cambiano invece i parametri a e b , così come mostrato in Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Parametri utilizzati ed incidentalità da singolo veicolo annua per lo scenario di riferimento

Variabile	U.M.	Valore FI	Valore PDO
a	-	-2,162	-2,216
b	-	0,646	0,876
N^*	inc/anno	1	2

Anche in questo caso, aumentando il numero di corsie da 3 a 5 per la carreggiata Sud, il parametro a di Tabella 4.9 assume il valore di -2,089 per incidenti FI e -2,256 per incidenti PDO. Gli incidenti annui corretti stimati sono mostrati in Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Incidenti singolo veicolo annui

Incidenti/anno	FI (fatali)	PDO (non fatali)	Totale
Riferimento	1	3	4
Progetto	1	3	4

Combinando i risultati di Tabella 4.8 e Tabella 4.10, si possono ricavare le incidentalità totali sulla tratta di Tangenziale Est compresa tra gli svincoli di Forlanini e Mecenate *pre-* e *post-* realizzazione dell'ampliamento della carreggiata (Tabella 4.11).

Tabella 4.11 - Confronto tra le incidentalità stimate per lo scenario di riferimento e di progetto

Scenario	Incidenti fatali annui	Incidenti non fatali annui	Totale [inc/anno]
Riferimento	3	7	10
Progetto	3	6	9
Δ Incidentalità (assoluta)	0	-1	-1

In questo modo è stato possibile stimare una variazione nell'incidentalità, da poter applicare nel calcolo dei benefici apportati dall'intervento. I costi sociali legati agli incidenti stradali considerati per l'analisi sono riportati in Tabella 4.11; essi sono stati elaborati a partire da valori suggeriti dalle Linee Guida dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti nell'anno 2019¹ e successivamente aggiornati all'anno 2022.

Tabella 4.12 - Costi sociali medi dell'incidentalità per singola vittima o ferito a prezzi di mercato (€ al 2022 per incidente, distinto in funzione della gravità)

Incidente fatale [€]	Incidente non fatale [€]
1.590.000	55.800

Tabella 4.13 riassume i benefici legati alla riduzione dell'incidentalità della tratta ottenuti dalla combinazione dei costi sociali per tipologia di incidente e dalla variazione del numero di incidenti (per diversa tipologia) sulla tratta in esame. Si è ipotizzato che ad ogni incidente corrisponda una sola vittima e un solo ferito, non considerando che nella realtà un singolo incidente possa provocare più feriti o morti. Questa assunzione è a vantaggio di sicurezza per l'analisi poiché minimizza il beneficio ottenibile nella realtà.

Tabella 4.13 – Risparmi sull'incidentalità all'anno di entrata in esercizio, a regime e a fine periodo di analisi (valore cumulato) [€]

Anno 2026 (€/anno)	Anno 2032 (€/anno)	Totale attualizzato (3%) – 2026-2056 (€)
55.900	55.900	1.010.000

4.2.2 EMISSIONE DI INQUINANTI LOCALI

Analogamente a quanto descritto per l'incidentalità, il metodo proposto dalle Linee Guida, basato sulla differenza di percorrenze chilometriche, non risulta essere applicabile in quanto produrrebbe benefici ambientali nulli.

¹https://www.mit.gov.it/sites/default/files/media/documentazione/2020-12/Costo%2BSociale_2019.pdf

Si è indagato più nello specifico la variazione di emissione di inquinanti locali (CO, NO_x, particolato e altri composti organici volatili) utilizzando le relazioni² tra velocità di marcia dei veicoli ed emissioni di inquinanti riportate in Figura 4.1.

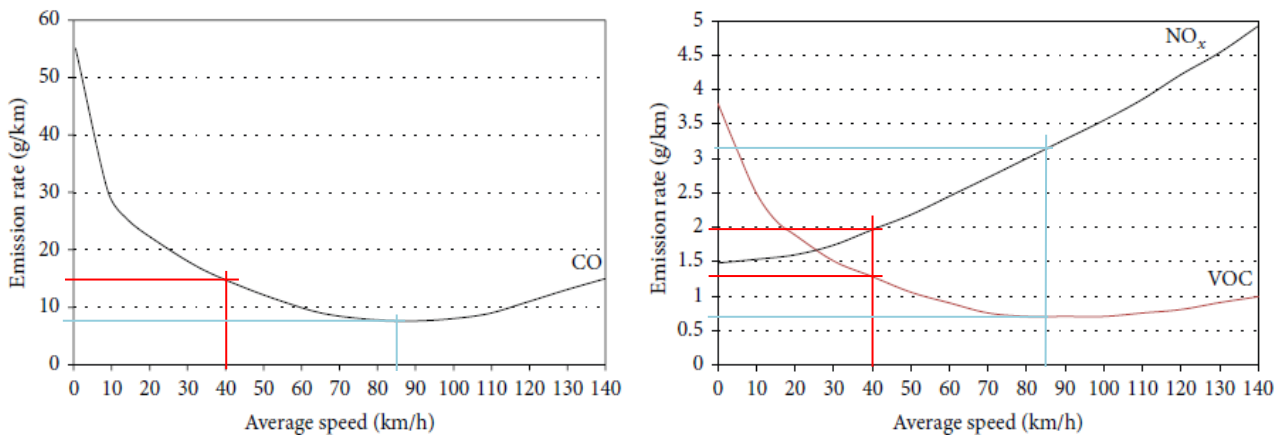


Figura 4.1 - Emissione di CO e altri inquinanti in funzione della velocità di marcia del veicolo

Dalla Figura 4.1 si evince che all'aumentare della velocità media lungo la tratta – da 40 km/h a circa 85 km/h, come risulta dall'analisi trasportistica – le emissioni di monossido di carbonio (CO) subiscono un decremento di circa il -50% (da 15 g/km a 7,5 g/km); le emissioni di NO_x e di altri composti organici volatili passano da 3,1 g/km a circa 3,9 g/km, segnando una crescita del +25,8%. Considerando che la composizione dei gas di scarico di un motore a benzina è mediamente quella riportata in Figura 4.2³, pesando le variazioni percentuali ottenute per la quota di ogni inquinante, si è stimato un decremento complessivo di emissioni di inquinanti locali pari al -43,5% rispetto allo scenario di riferimento.

Le Linee Guida ministeriali riportano i costi marginali legati all'emissione di una tonnellata di singolo inquinante. Tali valori sono stati aggiornati all'anno 2022 (Tabella 4.14).

Gases	Vol. (%)
N ₂	71.0
CO ₂	18.0
H ₂ O	9.2
O ₂ and noble gases	0.7
Pollutants	
(a) CO	0.85
(b) NO _x	0.08
(c) Unburned HCs	0.05
(d) Particulate matters	0.005
Others	0.115
Total	100

Figura 4.2 - Composizione tipica di gas di scarico

Tabella 4.14 - Costi marginali delle emissioni inquinanti (€2022 per tonnellata emessa)

Inquinante	€ / ton
SO ₂	11.386
NO _x	12.480
Composti organici volatili	1.432
PM _{2,5} (aree extraurbane)	57.790
PM _{2,5} (aree urbane)	227.557
PM _{2,5} (aree interurbane e autostrade)	28.320

²https://www.researchgate.net/publication/262182035_Reduction_of_Fuel_Consumption_and_Exhaust_Pollutant_Using_Intelligent_Tra_nsport_System

³ https://www.researchgate.net/figure/Typical-exhaust-gas-composition-of-a-gasoline-powered-spark-ignition-internal_tbl1_233532567

Considerando, a vantaggio di sicurezza, il solo traffico veicolare transitate lungo la sezione in esame nelle ore di punta mattutine e serali dei giorni feriali e festivi sono stati calcolati i benefici ambientali dell'intervento. La Tabella 4.15 riassume i risparmi valutati nell'anno di entrata in esercizio dell'infrastruttura, nel primo anno a regime e a fine periodo di analisi (valore attualizzato all'anno di riferimento 2022).

Tabella 4.15 - Risparmi sull'emissione di inquinanti locali all'anno di entrata in esercizio e a fine periodo di analisi (valore cumulato) [€]

Anno 2026 (€/anno)	Anno 2032 (€/anno)	Totale attualizzato (3%) – 2026-2056 (€)
36.700	38.900	707.000

4.2.3 EMISSIONE DI GAS CLIMALTERANTI

L'approccio che è stato adottato è analogo a quello per l'emissione di inquinanti locali. Non essendo applicabile la metodologia proposta dalle Linee Guida ministeriali, sono state utilizzate le relazioni⁴ tra la velocità di marcia dei veicoli e le relative emissioni di gas climalteranti (principalmente anidride carbonica, CO₂) in atmosfera riportate in Figura 4.3.

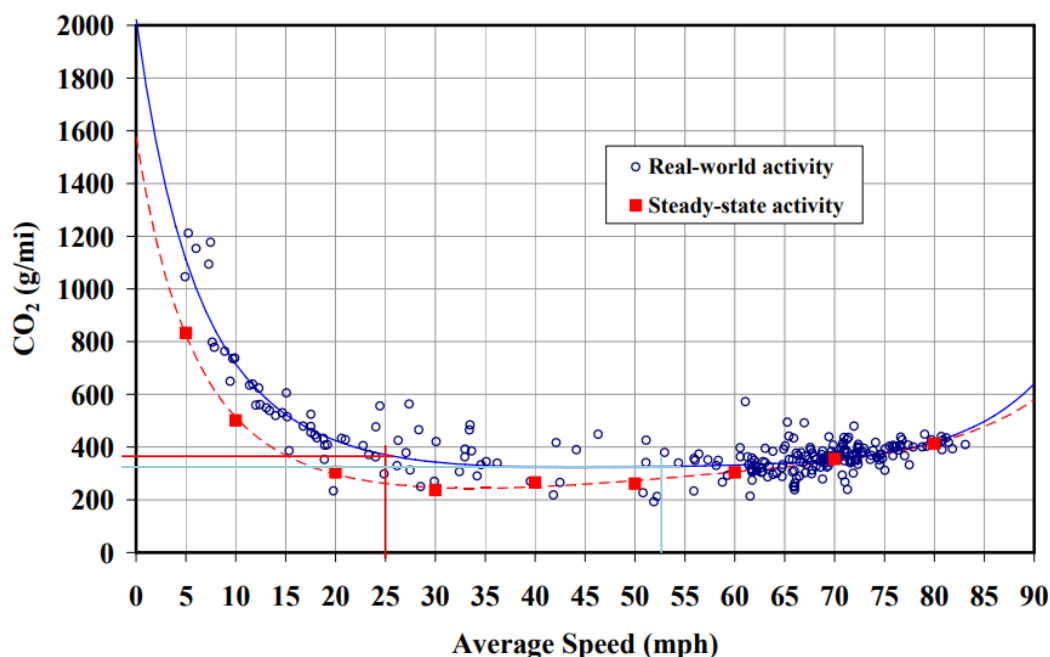


Figura 4.3 - Emissione di CO₂ in funzione della velocità di marcia del veicolo

Dal grafico di Figura 4.3 si è estrapolato che l'aumento di velocità media dei veicoli in transito lungo la carreggiata Sud della Tangenziale Est potrebbe comportare una riduzione di emissioni di CO₂ da circa 370 g/mi (ca. 230 g/km) a 320 g/mi (ca. 200 g/km), ossia -13,5%. Considerando il costo medio di 104 €/ton relativo all'immissione in atmosfera di anidride carbonica (CO₂) suggerito dalle Linee Guida ministeriali (D.M. 300/2017) e riportate in Tabella 4.16, è stato possibile stimare i benefici apportati dall'intervento sul riscaldamento globale. Tali benefici sono riassunti in Tabella 4.17.

⁴ <https://escholarship.org/content/qt4fx9g4gn/qt4fx9g4gn.pdf>

Tabella 4.16 - Valore delle emissioni di CO₂ per il calcolo dei costi del riscaldamento globale (€2022 per tonnellata,)

Inquinante	Valore min-max	Valore centrale
CO ₂	55 – 194	104

Tabella 4.17 - Risparmi sull'emissione gas climalteranti all'anno di entrata in esercizio e a fine periodo di analisi (valore cumulato) [€]

Anno 2026 (€/anno)	Anno 2032 (€/anno)	Totale attualizzato (3%) – 2026-2056 (€)
1.480	1.560	28.400

4.3 Sintesi dei benefici complessivi dell'intervento

In Tabella 4.18 vengono riportati i benefici totali calcolati nel periodo di analisi e attualizzati all'anno di riferimento 2022 per le differenti voci.

Tabella 4.18 - Benefici totali scontati per le varie voci di esternalità

	Beneficio totale scontato [mln€]	%
Risparmi di tempo	36,6	95,4%
Variazione costi operativi	n.d.	-
Variazione costi incidentalità	1,0	2,6%
Risparmio costi di congestione	n.d.	-
Riduzione emissioni inquinanti dirette	0,7	1,8%
Riduzione inquinamento acustico	n.d.	-
Riduzione emissione gas serra	0,03	0,1%

5 COSTI ECONOMICI

5.1 COSTI DI REALIZZAZIONE

Non tutti i costi finanziari riflettono il costo dell'effettivo utilizzo delle risorse da parte della società: alcuni di essi, ad esempio le imposte, non sono altro che dei trasferimenti di risorse da un soggetto economico all'altro. Sebbene l'approccio standard preveda la conversione dei prezzi finanziari di mercato in prezzi ombra (ossia quei prezzi che riflettono il costo opportunità sociale delle risorse), in assenza di metodologie per il calcolo dei prezzi ombra e dei fattori di conversione è possibile riferirsi direttamente ai flussi finanziari al netto di eventuali imposte indirette (ad es. IVA) e di altri trasferimenti, così come riportato nel documento "Declinazione delle linee guida di valutazione degli investimenti in opere pubbliche. Vademecum – settore stradale" (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – 15/02/2021).

I costi economici di realizzazione dell'intervento (al netto dell'IVA) sono stati stimati pari a circa 9,06 milioni di euro e sono stati distribuiti in maniera uniforme nel periodo di realizzazione, così come rappresentato in Tabella 5.1, assunto pari al 2022-2025.

Tabella 5.1 - Costi economici sostenuti negli anni per la realizzazione dell'infrastruttura

Anno	2022	2023	2024	2025
------	------	------	------	------

Costi economici [mln€]	2,27	2,27	2,27	2,27
------------------------	------	------	------	------

5.1.1 VALORE RESIDUO DELL'OPERA

Se la vita economica effettiva del progetto supera il periodo di riferimento dell'analisi, tipicamente viene considerato tra i benefici il valore residuo dell'opera. Si tratta di una valutazione che, sebbene di natura *una tantum*, può influenzare il risultato dell'analisi quando l'entità dei costi di investimento è rilevante. Nel caso in esame il valore residuo dell'opera è stato considerato trascurabile e non è stato pertanto incluso nell'analisi, operando in tal modo a vantaggio di sicurezza.

5.2 COSTI DI GESTIONE

L'incremento dei costi di gestione dell'infrastruttura, all'indomani dell'ampliamento della tratta tra gli svincoli di Forlanini e Mecenate, è stato valutato pari a **110.000 Euro all'anno** (valore al netto dell'IVA). Tale importo riflette i costi economici aggiuntivi che dovranno essere sostenuti per la manutenzione dell'opera. Tale valore è assunto costante per tutto il periodo temporale di analisi (2026-2056).

6 RISULTATI DELL'ANALISI

La sostenibilità economica dell'intervento di ampliamento della carreggiata Sud della Tangenziale Est di Milano, tra gli svincoli di viale Forlanini e Mecenate, è stata valutata in accordo a quanto riportato nelle *"Linee Guida per la Valutazione degli Investimenti in Opere Pubbliche"* approvate con il D.M. 300/2017, mediante i seguenti indicatori di redditività economico-sociale:

- il rapporto Benefici-Costi (B/C);
- il Valore Attuale Netto Economico (VANE);
- il Tasso Interno di Rendimento Economico (TIRE).

6.1 VALORE ATTUALE NETTO ECONOMICO (VANE)

Il VANE è ottenuto sommando per tutti gli anni di vita utile dell'intervento, T , i valori attualizzati delle differenze tra i benefici, B_t , e i costi, C_t all'anno t :

$$VANE = \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

in cui r è il tasso di attualizzazione ed i benefici e i costi sono calcolati in termini differenziali rispetto allo scenario assunto come riferimento. Un generico progetto è economicamente conveniente se il suo VANE è positivo.

Nel caso in esame il numero di anni T è pari a 34, ovvero 4 anni di costruzione e 30 di esercizio. Il tasso di sconto utilizzato per l'attualizzazione è stato posto pari al 3%, secondo quanto indicato nelle Linee Guida ministeriali.

Considerando la distribuzione negli anni di vita utile dei costi economici e dei benefici (riportata nell'allegato A), **risulta un VANE pari 27,7 milioni di euro.**

6.2 TASSO INTERNO DI RENDIMENTO ECONOMICO (TIRE)

Il TIRE è il valore del tasso di attualizzazione che annulla il VANE. Considerando la distribuzione negli anni di vita utile dei costi economici e dei benefici (riportata nell'allegato A), **risulta un TIRE del 17%**.

6.3 RAPPORTO BENEFICI-COSTI (B/C)

Il rapporto benefici-costi è stato stimato con la seguente formula:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

dove a numeratore figurano i benefici attualizzati all'anno di riferimento e a denominatore i costi anch'essi attualizzati all'anno di riferimento. Un progetto è economicamente conveniente se il suo rapporto B/C è maggiore di 1. Nel caso in esame, considerando la distribuzione negli anni di vita utile dei costi economici e dei benefici (riportata nell'allegato A), **risulta un rapporto B/C pari a 3,6**.

6.4 ANALISI DI SENSITIVITÀ

Le Linee Guida ministeriali (D.M. 300/2017) suggeriscono di effettuare anche un'analisi di sensitività per valutare il risultato dell'analisi (ad esempio in termini di rapporto B/C) al variare di alcuni dati in input o assunzioni, ad esempio:

- riduzione dei risparmi di tempo;
- ritardi nella realizzazione dell'intervento;
- incremento dei costi di realizzazione;
- variazione del tasso di attualizzazione.

6.4.1 RIDUZIONE DEI RISPARMI DI TEMPO

Poiché i benefici legati ai risparmi di tempo risultano essere preponderanti rispetto agli altri, per questo scenario si è deciso di considerare una contrazione di tali benefici, mantenendo invariate le altre esternalità. Assumendo invariante il flusso veicolare nelle ore di punta mattutina e serale, sono stati simulati tre scenari in cui si assume una riduzione del 20%, 50% e 75% del risparmio di tempo per gli utenti sulla tratta in esame. Si osserva che gli indicatori economici di sostenibilità del progetto rimangono positivi (Tabella 6.1) per tutti e tre gli scenari considerati.

Tabella 6.1 - Stima del rapporto B/C, del VANE e del TIRE considerando ridotti i benefici derivanti da risparmi di tempo (tasso di sconto del 3%)

Riduzione dei risparmi di tempo	Rapporto Benefici-Costi	VANE [mln€]	TIRE
-20%	2,90	20,3	14%
-50%	1,88	9,4	9%
-75%	1,02	0,2	3%

Si è, quindi, calcolato il valore dei risparmi di tempo (veic-h) per il quale si avrebbe un annullamento del VANE ("valore di ribaltamento"). Lo scarto tra i veic-h nello scenario di riferimento e nello scenario di progetto dovrebbe essere di circa 43.700 veic-h annui (-76% rispetto a quelli previsti), il che equivale

a dire che la realizzazione dell'intervento consentirebbe un risparmio di tempo medio a veicolo di meno di circa 40 secondi/veicolo, anziché di 130 secondi/veicolo come stimato nell'analisi trasportistica.

6.4.2 RITARDI NELLA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO E INCREMENTO DEI COSTI

In questo scenario si tiene conto dei seguenti possibili eventi che causano una riduzione dei benefici dell'intervento:

- a) ritardo di un anno nella realizzazione dell'intervento;
- b) ritardo di 5 anni nella conclusione del progetto di riqualificazione del quartiere di Santa Giulia (anno 2037);
- c) incremento dei costi di realizzazione dell'intervento del 50%.

Anche in questo caso si osserva che il risultato dell'analisi è comunque positivo come si evince dal rapporto B/C, dal VANE e dal TIRE riportati in Tabella 6.2.

Tabella 6.2 - Stima del rapporto B/C, del VANE e del TIRE considerando ritardi di realizzazione degli interventi (sull'infrastruttura e nel quartiere di S.Giulia) e un aumento del 50% dei costi di realizzazione dell'intervento in esame.

Rapporto Benefici-Costi	VANE [mln€]	TIRE
2,284	20,2	11%

6.4.3 VARIAZIONE DEL TASSO DI SCONTO

Si è infine indagato l'effetto di una variazione del tasso di attualizzazione sui risultati dell'analisi. Si osserva (Figura 6.1) che i risultati ottenuti sia per lo scenario di progetto che per tutti gli altri scenari precedentemente descritti sono positivi ($B/C > 1$) ad eccezione del caso (improbabile) in cui i benefici derivanti dai risparmi di tempo risultino essere inferiori del 75% rispetto a quelli stimati nell'analisi trasportistica e attualizzati all'anno di riferimento dell'analisi (2022) con tassi di sconto del 4% e 5% (superiori a quelli indicati dalle Linee Guida).

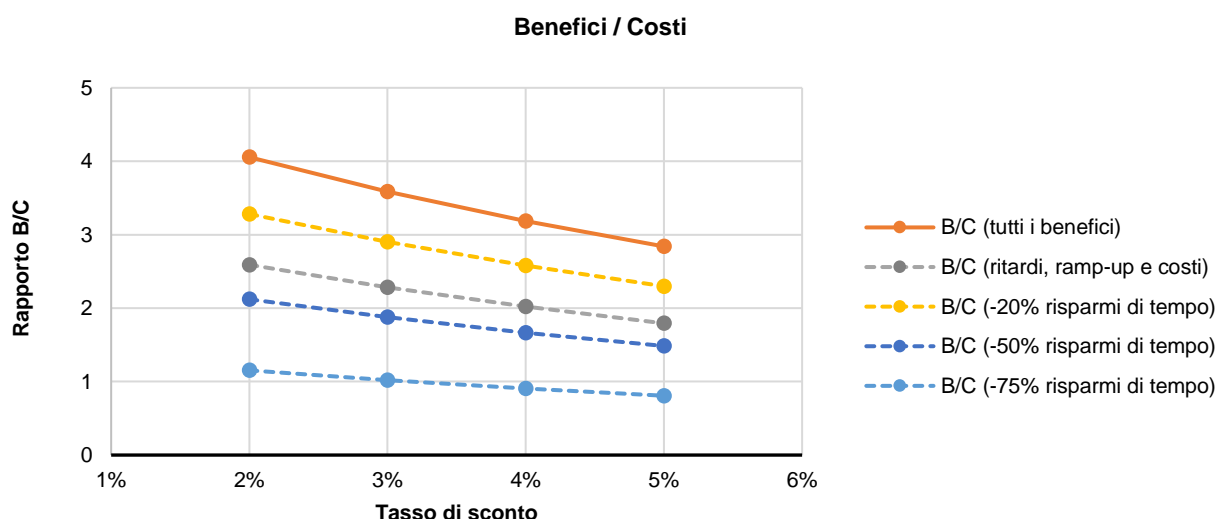


Figura 6.1 - Variazione del rapporto benefici-costi in funzione del tasso di sconto per gli scenari analizzati

7 CONCLUSIONI

Al fine di valutare la convenienza economica dell'intervento di ampliamento della tratta autostradale della Tangenziale Est di Milano (A51) in direzione Sud dallo svincolo di Forlanini alla diramazione del nuovo svincolo di Mecenate, si è proceduto attraverso un'analisi costi-benefici, redatta secondo la metodologia delle "Linee Guida per la Valutazione degli Investimenti in Opere Pubbliche" (D.M. 300/2017).

Sono stati stimati tre indicatori economici (rapporto benefici-costi – B/C, valore attuale netto economico all'anno di analisi – VANE, tasso interno di rendimento economico – TIRE) considerando un periodo di analisi pari a 30 anni a decorrere dall'anno di entrata in esercizio dell'infrastruttura (prevista per il 2026). L'anno di riferimento rispetto al quale è stata condotta l'analisi è il 2022 e il tasso di sconto applicato è pari al 3%, così come indicato dalle Linee Guida.

I costi economici (al netto dell'IVA) di realizzazione dell'opera sono pari a 9 milioni di euro e l'incremento di costi di gestione è pari a circa 110.000 euro all'anno.

I benefici economici dovuti alla riduzione della congestione sulla tratta autostradale considerata sono stati valutati in termini di risparmi di tempo, variazione di incidentalità, variazione di emissione di inquinanti locali e di gas serra (GHG). Altri benefici quali ad esempio la riduzione di costi operativi (carburante e consumo componenti veicoli), il miglioramento del confort di guida per l'assenza di fenomeni di "stop&go" dovuti alla congestione, la riduzione di inquinamento acustico, sono stati trascurati, operando a vantaggio di sicurezza (in base al principio "stay on the safe side"). In Tabella 7.1 si riportano i benefici totali attualizzati all'anno base (2022).

Tabella 7.1 - Benefici economici per lo scenario di progetto

	Beneficio attualizzato (2022-2056) [mln€]	%
Risparmi di tempo	36,6	95,4%
Variazione costi operativi	n.d	-
Variazione costi incidentalità	1,0	2,6%
Risparmio costi di congestione	n.d	-
Riduzione emissioni inquinanti dirette	0,7	1,8%
Riduzione inquinamento acustico	n.d	-
Riduzione emissione gas serra	0,03	0,1%
	38,33	100,0%

Il rapporto B/C per lo scenario di progetto è risultato essere pari a 3,59 – indicando un'effettiva convenienza dell'intervento. Il VANE complessivo è stato stimato essere circa 27,7 mln€ e il TIRE circa 17%.

Le Linee Guida ministeriali suggeriscono di effettuare un'analisi di sensitività rispetto alle variabili critiche, che nel caso in esame sono:

- le riduzioni dei risparmi di tempo, assunte pari al 20%, 50% e 75%;
- i ritardi nella costruzione dell'ampliamento della carreggiata in direzione Sud (1 anno) e nella realizzazione dell'intervento urbanistico nel quartiere di Santa Giulia (5 anni);
- aumento dei costi di realizzazione dell'infrastruttura del 50%;

Nella Tabella 7.2 sono riassunti i risultati ottenuti con un tasso di attualizzazione del 3% per i vari scenari presi in considerazione per l'analisi di sensitività. Tali analisi non hanno evidenziato particolari criticità nel progetto, risultando gli indicatori economici sempre positivi. Si può pertanto concludere che

l'intervento di ampliamento della carreggiata Sud per la tratta della Tangenziale Est (A51) compresa tra gli svincoli di viale Forlanini e Mecenate, risulta essere economicamente conveniente.

Tabella 7.2 - Indicatori economici stimati per i diversi scenari considerati (tasso di sconto del 3%)

Scenario	B/C	VANE [mIn€]	TIRE
Scenario di progetto	3,59	27,7	17%
Scenario con -20% riduzioni di risparmi di tempo	2,90	20,3	14%
Scenario con -50% riduzioni di risparmi di tempo	1,88	9,4	9%
Scenario con -75% riduzioni di risparmi di tempo	1,02	0,2	3%
Scenario con ritardi nei tempi di realizzazione e aumento dei costi	2,28	20,2	11%

ALLEGATO A

Anni		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Costi d'investimento [mln€] a)	a)	2,27	2,27	2,27	2,27	0	0	0	0
Costi d'esercizio [mln€] b)	b)	0	0	0	0	0,11	0,11	0,11	0,11
Costi totali [mln€] (c = a+b)	c = a+b	2,27	2,27	2,27	2,27	0,11	0,11	0,11	0,11
Risparmi di tempo [€*1000]	d)	0	0	0	0	1904	1923	1942	1961
Variazione costi operativi [€*1000]	e)	0	0	0	0	0	0	0	0
Variazione costi di incidentalità [€*1000]	f)	0	0	0	0	56	56	56	56
Risparmio costi di congestione [€*1000]	g)	0	0	0	0	0	0	0	0
Riduzione emissione di inquinanti locali [€*1000]	h)	0	0	0	0	37	37	37	38
Riduzione inquinamento acustico [€*1000]	i)	0	0	0	0	0	0	0	0
Riduzione emissione di gas serra [€*1000]	l)	0	0	0	0	1	1	2	2
Benefici totali [mln€]	m = d+e+f+g+h+i+l	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,02	2,04	2,06
Valore residuo dell'opera [mln€]	n)	0	0	0	0	0	0	0	0
flusso di cassa netto [mln€]	m+n-c	-2,27	-2,27	-2,27	-2,27	1,89	1,91	1,93	1,95
flusso di cassa attualizzato [mln€]		-2,27	-2,20	-2,14	-2,07	1,68	1,65	1,61	1,58
flusso di cassa att. cumulato [mln€]		-2,27	-4,47	-6,60	-8,67	-7,00	-5,35	-3,74	-2,16

Anni		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Costi d'investimento [mln€] a)	a)	0	0	0	0	0	0	0	0
Costi d'esercizio [mln€] b)	b)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Costi totali [mln€] (c = a+b)	c = a+b	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Risparmi di tempo [€*1000]	d)	1980	1999	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Variazione costi operativi [€*1000]	e)	0	0	0	0	0	0	0	0
Variazione costi di incidentalità [€*1000]	f)	56	56	56	56	56	56	56	56
Risparmio costi di congestione [€*1000]	g)	0	0	0	0	0	0	0	0
Riduzione emissione di inquinanti locali [€*1000]	h)	38	39	39	39	39	39	39	39
Riduzione inquinamento acustico [€*1000]	i)	0	0	0	0	0	0	0	0
Riduzione emissione di gas serra [€*1000]	l)	2	2	2	2	2	2	2	2
Benefici totali [mln€]	m = d+e+f+g+h+i+l	2,08	2,10	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
Valore residuo dell'opera [mln€]	n)	0	0	0	0	0	0	0	0
flusso di cassa netto [mln€]	m+n-c	1,97	1,99	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
flusso di cassa attualizzato [mln€]		1,55	1,52	1,49	1,45	1,41	1,36	1,33	1,29
flusso di cassa att. cumulato [mln€]		-0,60	0,92	2,41	3,86	5,26	6,63	7,95	9,24

Anni		2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Costi d'investimento [mln€] a)	a)	0	0	0	0	0	0	0	0
Costi d'esercizio [mln€] b)	b)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Costi totali [mln€] (c = a+b)	c = a+b	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Risparmi di tempo [€*1000]	d)	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Variazione costi operativi [€*1000]	e)	0	0	0	0	0	0	0	0
Variazione costi di incidentalità [€*1000]	f)	56	56	56	56	56	56	56	56
Risparmio costi di congestione [€*1000]	g)	0	0	0	0	0	0	0	0
Riduzione emissione di inquinanti locali [€*1000]	h)	39	39	39	39	39	39	39	39
Riduzione inquinamento acustico [€*1000]	i)	0	0	0	0	0	0	0	0
Riduzione emissione di gas serra [€*1000]	l)	2	2	2	2	2	2	2	2
Benefici totali [mln€]	m = d+e+f+g+h+i+l	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
Valore residuo dell'opera [mln€]	n)	0	0	0	0	0	0	0	0
flusso di cassa netto [mln€]	m+n-c	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
flusso di cassa attualizzato [mln€]		1,25	1,21	1,18	1,14	1,11	1,08	1,05	1,02
flusso di cassa att. cumulato [mln€]		10,49	11,70	12,88	14,02	15,13	16,21	17,26	18,27

Anni		2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053
Costi d'investimento [mln€] a)	a)	0	0	0	0	0	0	0	0
Costi d'esercizio [mln€] b)	b)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Costi totali [mln€] (c = a+b)	c = a+b	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Risparmi di tempo [€*1000]	d)	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Variazione costi operativi [€*1000]	e)	0	0	0	0	0	0	0	0
Variazione costi di incidentalità [€*1000]	f)	56	56	56	56	56	56	56	56
Risparmio costi di congestione [€*1000]	g)	0	0	0	0	0	0	0	0
Riduzione emissione di inquinanti locali [€*1000]	h)	39	39	39	39	39	39	39	39
Riduzione inquinamento acustico [€*1000]	i)	0	0	0	0	0	0	0	0
Riduzione emissione di gas serra [€*1000]	l)	2	2	2	2	2	2	2	2
Benefici totali [mln€]	m = d+e+f+g+h+i+l	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
Valore residuo dell'opera [mln€]	n)	0	0	0	0	0	0	0	0
flusso di cassa netto [mln€]	m+n-c	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
flusso di cassa attualizzato [mln€]		0,99	0,96	0,93	0,90	0,88	0,85	0,83	0,80
flusso di cassa att. cumulato [mln€]		19,26	20,21	21,14	22,05	22,92	23,77	24,60	25,40

Anni		2054	2055	2056
Costi d'investimento [mln€] a)	a)	0	0	0
Costi d'esercizio [mln€] b)	b)	0,11	0,11	0,11
Costi totali [mln€] (c = a+b)	c = a+b	0,11	0,11	0,11
Risparmi di tempo [€*1000]	d)	2018	2018	2018
Variazione costi operativi [€*1000]	e)	0	0	0
Variazione costi di incidentalità [€*1000]	f)	56	56	56
Risparmio costi di congestione [€*1000]	g)	0	0	0
Riduzione emissione di inquinanti locali [€*1000]	h)	39	39	39
Riduzione inquinamento acustico [€*1000]	i)	0	0	0
Riduzione emissione di gas serra [€*1000]	l)	2	2	2
Benefici totali [mln€]	m = d+e+f+g+h+i+l	2,11	2,11	2,11
Valore residuo dell'opera [mln€]	n)	0	0	0
flusso di cassa netto [mln€]	m+n-c	2,00	2,00	2,00
flusso di cassa attualizzato [mln€]		0,78	0,76	0,73
flusso di cassa att. cumulato [mln€]		26,18	26,93	27,67