

AUTOSTRADA A14 BOLOGNA – BARI - TARANTO

**POTENZIAMENTO DEL SISTEMA AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA
“PASSANTE DI BOLOGNA”**

Progetto Definitivo

Analisi Costi-Benefici

Dicembre 2016



Ing. Stefano Santambrogio
Ing. Roberto Piovano

con la consulenza di:



LABORATORIO DI POLITICA DEI TRASPORTI
TRASPOL
RESEARCH CENTRE ON TRANSPORT POLICY

Prof. Ing. Paolo Beria
Ing. Antonio Laurino

CONTENUTI

1	INTRODUZIONE	5
2	IL TRAFFICO	7
3	ANALISI COSTI-BENEFICI DEL PROGETTO.....	13
3.1	INQUADRAMENTO METODOLOGICO	13
3.2	LA MONETIZZAZIONE DEI PREZZI OMBRA	14
3.3	PROCEDURA GENERALE PER PROGETTI INFRASTRUTTURALI.....	14
3.3.1	<i>Definizione dello scenario di riferimento.....</i>	15
3.3.2	<i>Definizione della vita economica e/o dell'orizzonte di analisi.....</i>	15
3.3.3	<i>Calcolo dei costi, dei benefici e della variazione di surplus</i>	15
3.3.4	<i>Calcolo degli indicatori (NPV, SRI)</i>	15
3.3.5	<i>Il ranking delle azioni</i>	17
3.3.6	<i>Analisi di sensitività e Analisi di rischio</i>	17
3.4	ANALISI DEGLI IMPATTI DELL'OPERA.....	17
3.4.1	<i>Impatti diretti per gli utenti: il calcolo della Variazione di Surplus dei consumatori.....</i>	18
3.4.2	<i>Impatti diretti per i produttori</i>	19
3.4.3	<i>Impatti diretti esterni</i>	19
4	COSTI DEL PROGETTO	20
5	ALTRI DATI	21
5.1	INPUT MACRO-ECONOMICI E MODELLISTICI	21
5.1.1	<i>Orizzonte di analisi</i>	21
5.1.2	<i>Saggio Sociale di Sconto.....</i>	21
5.1.3	<i>Coefficienti di conversione tra costi finanziari ed economici.....</i>	21
5.1.4	<i>Tassi di crescita.....</i>	22
5.2	VALORE DEL TEMPO E COSTI OPERATIVI	23
5.2.1	<i>Valore del tempo</i>	23
5.2.2	<i>Costi operativi unitari</i>	25
5.3	ESTERNALITÀ	26
5.3.1	<i>Inquinamento atmosferico.....</i>	27
5.3.2	<i>Cambiamento climatico</i>	27
5.3.3	<i>Incidenti e sicurezza</i>	28
5.3.4	<i>Rumore.....</i>	28
5.3.5	<i>Consumo delle infrastrutture.....</i>	29
5.3.6	<i>Effetti up- e downstream.....</i>	30

5.3.7	<i>Ipotesi di contesto per la costruzione dei costi esterni da applicare ai risultati del modello 30</i>	
5.3.8	<i>Gli impatti della fase di costruzione</i>	31
6	RISULTATI	34
6.1	STIMA DEL SURPLUS COLLETTIVO.....	34
6.1.1	<i>Componente surplus degli utenti</i>	34
6.1.2	<i>Componente impatto del cantiere</i>	36
6.1.3	<i>Componente esternalità ambientali</i>	37
6.2	RISULTATI ED INDICATORI.....	41
6.3	ANALISI DI SENSITIVITÀ.....	41
6.3.1	<i>Saggio sociale di sconto</i>	42
6.3.2	<i>Valore del tempo merci</i>	43
6.3.3	<i>Valore del tempo delle autovetture sulla breve percorrenza</i>	44
6.3.4	<i>Costo d'investimento</i>	44
6.4	ANALISI DI RISCHIO.....	45
6.4.1	<i>Distribuzione delle probabilità in ingresso</i>	46
6.4.2	<i>Risultati</i>	47
7	CONCLUSIONI E TABELLA DI VALUTAZIONE SINTETICA	48
8	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	53

1 INTRODUZIONE

Il progetto prevede il potenziamento in sede della tratta urbana della A14 e della tratta urbana del Sistema Tangenziale.

Nello specifico il **potenziamento della A14** avverrà tramite la realizzazione di una **terza corsia** reale e della corsia di emergenza tra l'Interconnessione con il Raccordo di Casalecchio e lo svincolo di Bologna San Lazzaro con un limite di velocità posto a **110 km/h**.

Il **potenziamento della Tangenziale** avverrà tramite la realizzazione di una **terza corsia** reale e della corsia di emergenza tra lo svincolo 3 (Interconnessione con il Ramo Verde) e lo svincolo A14 di BO S. Lazzaro; la tratta in carreggiata Sud tra lo svincolo 6 e lo svincolo 8 sarà potenziata a 4 corsie mentre, in carreggiata nord tale potenziamento avverrà tra lo svincolo 8 e l'immissione del ramo parallelo alla A13. Il limite di velocità su tutto il Sistema Tangenziale sarà posto a **80 km/h** e regolamentato tramite sistema Tutor.

Ulteriori **migliorie funzionali** della Tangenziale riguarderanno:

- la chiusura della rampa di diversione dello svincolo 4 in carreggiata nord;
- la chiusura della rampa di immissione dello svincolo 4 in carreggiata sud;
- il ribaltamento dello svincolo 10 in carreggiata sud, la riorganizzazione degli itinerari in uscita dallo Svincolo 6 in carreggiata nord;
- e l'ampliamento a due corsie di alcune rampe di uscita.

Il **Dibattito Pubblico** (effettuato tra i mesi di Luglio ed Ottobre 2016) ha consentito però di introdurre una serie di sensibili **variazioni rispetto al progetto preliminare**. L'aspetto fondamentale del progetto, cioè il potenziamento del sistema autostradale e tangenziale urbano, è ovviamente rimasto invariato. Gli elementi differenziali e migliorativi sono i seguenti:

- la realizzazione di un nuovo svincolo lungo la Tangenziale (svincolo "Lazzaretto") tra gli esistenti svincoli 4 e 5, con il relativo raccordo alla viabilità ordinaria fino all'Asse Attrezzato con una rotatoria intermedia su via Agucchi;
- la creazione di uno shunt da via dell'Aeroporto verso il centro città per la rotatoria dello svincolo 4 in carreggiata nord;
- il potenziamento della rotatoria sulla viabilità ordinaria dello svincolo 5 in carreggiata nord;
- la riorganizzazione degli itinerari in uscita allo svincolo 6 in carreggiata nord con la contestuale creazione di una nuova rampa di uscita su via Corazza per chi proviene dalla A13;
- il potenziamento della rotatoria sulla viabilità ordinaria dello svincolo 6 in carreggiata sud tramite l'ampliamento del raggio della rotatoria;
- la riorganizzazione degli attestamenti delle rampe di entrata ed uscita dagli svincoli 7 e 7bis sulla viabilità ordinaria sostituendo la precedenza con una confluenza;
- la chiusura dello svincolo 9;
- il potenziamento della rotatoria sulla viabilità ordinaria dello svincolo 11bis in carreggiata sud con raddoppio rampa di uscita e allungamento del diametro maggiore;
- il doppio attestamento da via Poggi per la rotatoria dello svincolo 13 in carreggiata sud;
- la creazione di un tronco di scambio in carreggiata Sud tra lo svincolo 12 ed il 13;

- l'interdizione per chi entra dallo svincolo 13 in carreggiata sud di entrare in A14 allo svincolo di BO San Lazzaro;
- la realizzazione di un set di rotatorie lungo gli assi di accesso al sistema tangenziale.

Inoltre, al fine di migliorare l'**accessibilità al sistema tangenziale ed autostradale**, sono stati individuati alcuni interventi di completamento della rete viaria a scala urbana – metropolitana (**opere di adduzione**):

- **Intermedia di Pianura**: completamento dei tratti mancanti e adeguamento in sede di alcuni di quelli esistenti per la prima macrotratta del progetto che riunisce le tratte progettuali A, B e C e che si sviluppa dalla SP Persicetana a via Di Vittorio;
- **Asse Lungo Savena 3° Lotto** "dalla rotatoria Giovanni Sabadino degli Arienti a via dell'Industria";
- **Nodo di Funo**: accessibilità ad Interporto e Centergross;
- **Ponte sul Reno**: tra via Triumvirato e via Chiù.

Differentemente dal preliminare, si evidenziano però:

- la realizzazione del nuovo ponte urbano sul Reno;
- lo spostamento della seconda macrotratta del progetto dell'Intermedia di Pianura, che riunisce le tratte progettuali D ed E, tra gli interventi della terza corsia della A13 Arcoveggio – Ferrara Sud;
- lo stralcio del nodo di Rastignano che sarà realizzato degli Enti Locali nell'ambito del Patto per Bologna.

L'analisi è stata svolta a partire dai dati progettuali a disposizione al 09 dicembre 2016 relativi a costi di investimento, nonché quelli derivati dal modello di traffico relativi alle variazioni di percorrenze chilometriche e dei tempi di viaggio distinti tra mezzi pesanti e leggeri (per questi ultimi distinguendo tra breve e lunga percorrenza) nei tre contesti su cui insiste il progetto (autostrada, rete ordinaria urbana ed extraurbana) in corrispondenza di due orizzonti temporali di simulazione, 2025 e 2035.

Tramite il modello di simulazione implementato per lo Studio di Traffico, è stato possibile effettuare una simulazione al 2020 per stimare analiticamente l'impatto del cantiere sulle percorrenze chilometriche ed i tempi di viaggio. Autostrade per l'Italia S.p.A. ha infine fornito le stime dei valori differenziali di manutenzione.

L'analisi costi benefici è stata redatta coerentemente alla più recente letteratura scientifica su metodi e valori parametrici e facendo riferimento alle linee guida esistenti. In particolare, sono stati considerate le indicazioni previste sia dalle Linee Guida EU 2014 (European Commission, Directorate-General for Regional and Urban policy – DGRU), che dalle Linee Guida dei Nuclei di Valutazione e Verifica (NUVV) per gli studi di fattibilità degli investimenti pubblici. Per quanto riguarda il calcolo dei costi esterni, si è fatto riferimento alle Linee Guida della Commissione Europea (Ricardo - AEA, 2014).

2 IL TRAFFICO

L'input principale dell'ACB è costituito dai risultati dello Studio di Traffico, che permettono di calcolare in maniera precisa ed analitica la variazione di benessere (surplus) dei consumatori ed, indirettamente, anche le esternalità ambientali e non.

Il modello di traffico, realizzato da SPEA attraverso un **modello di simulazione** della rete stradale e qui assunto come dato in ingresso, riporta i valori assoluti di percorrenze e tempi di viaggio nell'intera area di studio. Le simulazioni vengono condotte per l'ora di punta ed estese alla giornata e all'anno attraverso coefficienti di espansione.

Per la presente valutazione, poiché non vi è domanda in diversione modale o indotta, sono stati utilizzate direttamente le sole **variazioni di percorrenze e tempi di viaggio**, riportate nelle tabelle seguenti.

Indicatori di rete per analisi costi-benefici

Spea ha provveduto alla definizione di una serie di indicatori che costituiscono uno degli input necessari alla redazione dell'analisi costi-benefici, di seguito si richiama la metodologia utilizzata.

Espansione di percorrenze e tempi di rete all'anno. Percorrenze e tempi relativi agli spostamenti effettuati nell'ora di punta sono disponibili quali output del modello di rete. Per l'espansione delle percorrenze, si è tenuto conto della distribuzione dei volumi orari nelle ore dell'anno (sulla base dei dati autostradali e di strade ordinarie), distinguendo tra tipologie di spostamento rispetto al nodo bolognese (attraversamento, scambio e non autostradale).

Per l'espansione dei tempi di rete si è effettuata una procedura più articolata, in modo da tener conto, per quanto possibile, della variabilità dei tempi di percorrenza durante le diverse ore dell'anno. Si è quindi proceduto come segue:

- Sulla base delle distribuzioni orarie dei flussi veicolari, sono state ricavate le distribuzioni dei flussi per ciascuna fascia di intensità di traffico (calcolato sulla base del rapporto tra flusso orario e flusso dell'ora di punta del modello – separatamente per rete autostradale ed ordinaria);
- A ciascun indice di congestione è stata associata una velocità media di rete (separatamente per rete autostradale ed ordinaria), assumendo che a flussi al di sotto del 40% della fascia di punta corrisponda un il tempo di percorrenza pari alla velocità di deflusso libero e che, per tutte le fasce dove i flussi sono pari al 100% o più dei flussi dell'ora di punta, le velocità di rete coincidano con quelle simulate nel modello; per livelli intermedi, si è adottata una interpolazione lineare;
- Conoscendo i veh*km per ciascuna fascia di congestione ed avendo associato le rispettive velocità di rete, si sono quindi potuti calcolare i tempi totali di rete per ciascuna fascia di congestione, e quindi il totale per l'intera annualità come somma delle 8760 ore annue.

Secondo questo procedimento, fatto uno il riferimento a tempi e percorrenze in ora di punta, il coefficiente di espansione dei tempi risulta inferiore a quello delle percorrenze, come riportato nella tabella seguente.

Disaggregazione tra spostamenti di breve e lunga distanza per i veicoli leggeri. La distinzione sulla base della distanza di viaggio è effettuata sulla base della lunghezza O/D della matrice degli spostamenti in ora di punta, assumendo che questa possa essere considerata una ragionevole approssimazione anche della struttura degli spostamenti nel giorno medio annuo, anche se questo comporta presumibilmente una sottostima degli spostamenti più lunghi associati ai fine settimana e periodi estivi. Da un punto di vista operativo, tempi e percorrenze dei veicoli leggeri sono stati quindi aggregati a livello di rete autostradale e ordinaria distinguendo tra spostamenti medio/brevi (ovvero inferiori a 18 km) o lunghi (superiori a 18 km) ed espansi all'anno secondo il procedimento descritto nella sezione precedente. Il limite di 20 km è stato definito con riferimento ai risultati dell'indagine Audiomob dell'ISFORT, che indica una distanza media degli spostamenti in auto pari a circa 15 km, nonché con riferimento all'estensione dell'area urbana di Bologna (limite massimo di distanza per spostamenti di natura urbana).

Tabella 1 - Confronto percorrenze chilometriche al 2025 tra scenario progettuale e programmatico

INDICATORE	2025								Diff. Ass.
	Programmatico				Progettuale				
	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	
VEICOLI * CHILOMETRO (VEICKM/ANNO)									
VxKm leggeri AUTOSTRADA senza A14 BO	3.643	13.593.835	15.385.066.372	15.398.660.208	3.643	11.164.733	15.397.288.784	15.408.453.517	9.793.309
VxKm pesanti AUTOSTRADA senza A14 BO	3.643			8.823.826.980	3.643			8.824.756.376	929.396
<i>VxKm totali AUTOSTRADA senza A14 BO</i>	<i>3.643</i>			<i>24.222.487.188</i>	<i>3.643</i>			<i>24.233.209.893</i>	<i>10.722.705</i>
VxKm leggeri AUTOSTRADA A14 BO	35	9.994.825	573.126.099	583.120.924	35	949.748	523.387.105	524.336.853	-58.784.071
VxKm pesanti AUTOSTRADA A14 BO	35			198.531.978	35			190.292.115	-8.239.863
<i>VxKm totali AUTOSTRADA A14 BO</i>	<i>35</i>			<i>781.652.902</i>	<i>35</i>			<i>714.628.968</i>	<i>-67.023.934</i>
VxKm leggeri AUTOSTRADA	3.678	23.588.661	15.958.192.471	15.981.781.132	3.678	12.114.480	15.920.675.890	15.932.790.370	-48.990.762
VxKm pesanti AUTOSTRADA	3.678			9.022.358.958	3.678			9.015.048.491	-7.310.467
<i>VxKm totali AUTOSTRADA</i>	<i>3.678</i>			<i>25.004.140.090</i>	<i>3.678</i>			<i>24.947.838.861</i>	<i>-56.301.229</i>
VxKm leggeri TANGENZIALE	46	252.289.421	390.943.577	643.232.998	46	274.481.855	440.986.223	715.468.078	72.235.079
VxKm pesanti TANGENZIALE	46			90.197.443	46			93.907.499	3.710.056
<i>VxKm totali TANGENZIALE</i>	<i>46</i>			<i>733.430.441</i>	<i>46</i>			<i>809.375.577</i>	<i>75.945.136</i>
VxKm leggeri RETE ORDINARIA URBANA	2.320	925.798.662	1.698.959.347	2.624.758.010	2.322	906.595.993	1.695.175.696	2.601.771.690	-22.986.320
VxKm pesanti RETE ORDINARIA URBANA	2.320			504.325.673	2.322			503.979.309	-346.364
<i>VxKm totali RETE ORDINARIA URBANA</i>	<i>2.320</i>			<i>3.129.083.683</i>	<i>2.322</i>			<i>3.105.750.999</i>	<i>-23.332.684</i>
VxKm leggeri RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.930	1.182.138.302	7.155.829.147	8.337.967.450	7.944	1.182.520.624	7.160.687.520	8.343.208.144	5.240.694
VxKm pesanti RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.930			2.494.994.763	7.944			2.499.284.112	4.289.349
<i>VxKm totali RETE ORDINARIA EXTRAURBANA</i>	<i>7.930</i>			<i>10.832.962.213</i>	<i>7.944</i>			<i>10.842.492.256</i>	<i>9.530.043</i>
VxKm leggeri RETE ORDINARIA	10.250	2.107.936.965	8.854.788.495	10.962.725.459	10.266	2.089.116.617	8.855.863.217	10.944.979.834	-17.745.626
VxKm pesanti RETE ORDINARIA	10.250			2.999.320.436	10.266			3.003.263.421	3.942.985
<i>VxKm totali RETE ORDINARIA</i>	<i>10.250</i>			<i>13.962.045.895</i>	<i>10.266</i>			<i>13.948.243.255</i>	<i>-13.802.641</i>
VxKm leggeri RETE COMPLESSIVA	13.973,9	2.383.815.046	25.203.924.543	27.587.739.590	13.989,8	2.375.712.952	25.217.525.329	27.593.238.281	5.498.692
VxKm pesanti RETE COMPLESSIVA	13.973,9			12.111.876.837	13.989,8			12.112.219.411	342.574
<i>VxKm totali RETE COMPLESSIVA</i>	<i>13.974</i>			<i>39.699.616.426</i>	<i>13.990</i>			<i>39.705.457.692</i>	<i>5.841.266</i>

NOTE:

"AUTOSTRADA A14 BO" comprende il tratto di A14 dall'Interconnessione con l'A1 allo svincolo di San Lazzaro, compreso il ramo Casalecchio, la tratta A13 Arcoveggio- All. A14 e le rampe autostradali sino all'interconnessione con la rete ordinaria e con la tangenziale nei 4 caselli di interconnessione.

"AUTOSTRADA senza A14 BO" comprende tutta la restante rete autostradale.

"AUTOSTRADA" comprende tutta la rete autostradale.

"TANGENZIALE" comprende la tratta Casalecchio-San Lazzaro, il Ramo Verde, le complanari Nord e Sud da San Lazzaro a Ponte Rizzoli e le rampe della tangenziale sino all'interconnessione con la rete ordinaria.

Tabella 2 - Confronto percorrenze chilometriche al 2035 tra scenario progettuale e programmatico

INDICATORE	2035								
	Programmatico				Progettuale				Diff. Ass.
	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	
VEICOLI * CHILOMETRO (VEICKM/ANNO)									
VxKm leggeri AUTOSTRADA senza A14 BO	4.265	13.807.125	16.921.816.087	16.935.623.212	4.265	10.411.946	16.926.875.480	16.937.287.425	1.664.213
VxKm pesanti AUTOSTRADA senza A14 BO	4.265			9.237.060.412	4.265			9.247.358.626	10.298.214
<i>VxKm totali AUTOSTRADA senza A14 BO</i>	<i>4.265</i>			<i>26.172.683.624</i>	<i>4.265</i>			<i>26.184.646.051</i>	<i>11.962.427</i>
VxKm leggeri AUTOSTRADA A14 BO	35	13.055.770	599.794.388	612.850.158	35	948.890	546.395.000	547.343.890	-65.506.268
VxKm pesanti AUTOSTRADA A14 BO	35			188.205.038	35			183.146.148	-5.058.890
<i>VxKm totali AUTOSTRADA A14 BO</i>	<i>35</i>			<i>801.055.196</i>	<i>35</i>			<i>730.490.037</i>	<i>-70.565.158</i>
VxKm leggeri AUTOSTRADA	4.300	26.862.895	17.521.610.475	17.548.473.370	4.300	11.360.835	17.473.270.480	17.484.631.315	-63.842.055
VxKm pesanti AUTOSTRADA	4.300			9.425.265.449	4.300			9.430.504.773	5.239.324
VxKm totali AUTOSTRADA	4.300			26.973.738.820	4.300			26.915.136.088	-58.602.731
VxKm leggeri TANGENZIALE	46	254.888.318	399.016.480	653.904.797	46	279.811.908	456.189.939	736.001.847	82.097.050
VxKm pesanti TANGENZIALE	46			92.434.495	46			95.448.022	3.013.527
VxKm totali TANGENZIALE	46			746.339.293	46			831.449.870	85.110.577
VxKm leggeri RETE ORDINARIA URBANA	2.320	946.683.083	1.766.231.039	2.712.914.122	2.322	924.149.813	1.753.874.072	2.678.023.885	-34.890.237
VxKm pesanti RETE ORDINARIA URBANA	2.320			515.238.819	2.322			513.073.218	-2.165.601
<i>VxKm totali RETE ORDINARIA URBANA</i>	<i>2.320</i>			<i>3.228.152.941</i>	<i>2.322</i>			<i>3.191.097.103</i>	<i>-37.055.838</i>
VxKm leggeri RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.674	1.210.364.082	7.289.215.425	8.499.579.507	7.687	1.209.475.731	7.294.247.793	8.503.723.525	4.144.017
VxKm pesanti RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.674			2.418.274.633	7.687			2.410.640.251	-7.634.381
<i>VxKm totali RETE ORDINARIA EXTRAURBANA</i>	<i>7.674</i>			<i>10.917.854.140</i>	<i>7.687</i>			<i>10.914.363.776</i>	<i>-3.490.364</i>
VxKm leggeri RETE ORDINARIA	9.993	2.157.047.165	9.055.446.464	11.212.493.629	10.009	2.133.625.544	9.048.121.866	11.181.747.410	-30.746.220
VxKm pesanti RETE ORDINARIA	9.993			2.933.513.452	10.009			2.923.713.469	-9.799.983
VxKm totali RETE ORDINARIA	9.993			14.146.007.081	10.009			14.105.460.879	-40.546.202
VxKm leggeri RETE COMPLESSIVA	14.339,1	2.438.798.378	26.976.073.419	29.414.871.797	14.355,0	2.424.798.287	26.977.582.285	29.402.380.572	-12.491.225
VxKm pesanti RETE COMPLESSIVA	14.339,1			12.451.213.397	14.355,0			12.449.666.265	-1.547.132
VxKm totali RETE COMPLESSIVA	14.339			41.866.085.193	14.355			41.852.046.837	-14.038.356

NOTE:

"AUTOSTRADA A14 BO" comprende il tratto di A14 dall'Interconnessione con l'A1 allo svincolo di San Lazzaro, compreso il ramo Casalecchio, la tratta A13 Arcoveggio- All. A14 e le rampe autostradali sino all'interconnessione con la rete ordinaria e con la tangenziale nei 4 caselli di interconnessione.

"AUTOSTRADA senza A14 BO" comprende tutta la restante rete autostradale.

"AUTOSTRADA" comprende tutta la rete autostradale.

"TANGENZIALE" comprende la tratta Casalecchio-San Lazzaro, il Ramo Verde, le complanari Nord e Sud da San Lazzaro a Ponte Rizzoli e le rampe della tangenziale sino all'interconnessione con la rete ordinaria.

Lo studio di traffico elaborato in fase di progettazione definitiva contiene le previsioni di traffico relative ad un orizzonte temporale di breve (2025) e ad uno di medio (2035) termine distinguendo tra **scenari programmatici** che includono tutte le altre opere previste nella pianificazione degli enti, escluso il progetto in esame, e gli **scenari progettuali**, in cui oltre agli interventi programmatici vengono inclusi nel modello anche il potenziamento in sede dell'autostrada e della tangenziale nel nodo di Bologna nonché le opere di adduzione previste.

Gli orizzonti al 2025 e 2035 presentano alcune differenze che dipendono dai diversi andamenti futuri delle componenti di traffico. In particolare, al 2025 i valori totali relativi alle componenti urbana ed autostradale vedono una riduzione di percorrenze netta, mentre quella tangenziale ed extraurbana un aumento. Ciò è dovuto al riversamento di domanda locale verso la tangenziale, reso possibile dalle migliori condizioni di deflusso permesse dall'ampliamento e dalla nuova viabilità di adduzione. Al contrario, nel 2035, si registra un aumento generalizzato delle percorrenze dei mezzi pesanti sia in ambito autostradale che in tangenziale, dove si registra un aumento anche delle percorrenze leggere. E' comunque importante sottolineare che, nel complesso, vi è una riduzione di percorrenze e che la rete urbana risulta sempre meno carica.

La Figura 1 mostra la variazioni dei volumi per la tangenziale e l'A14 tra scenari di progetto e programmatici per i due anni di simulazione evidenziando per la tangenziale un aumento dei volumi complessivi mentre la tratta di A14 subisce una variazione nel biennio.

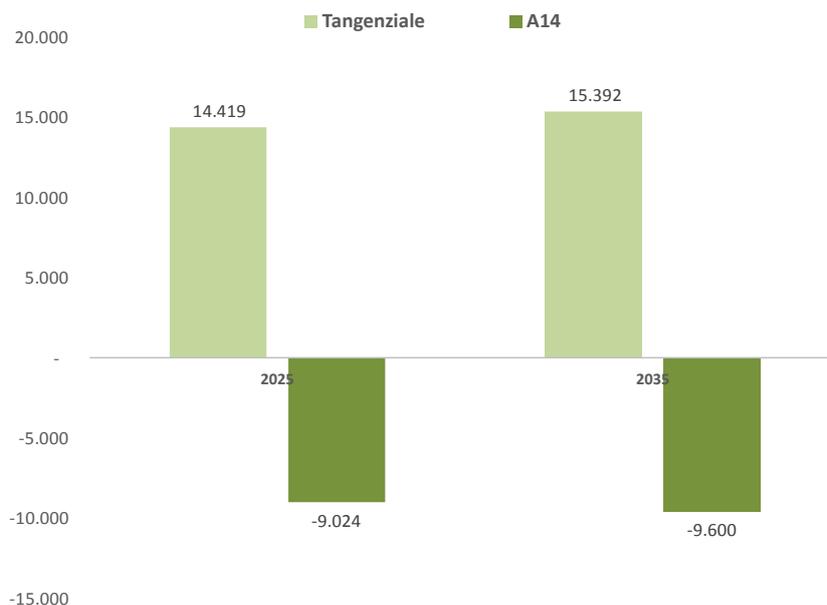


Figura 1 - Differenza tra volumi di traffico nello scenario progettuale e programmatico in termini di VTGMA (Fonte: studio di traffico)

La Tabella 3 e la Tabella 4 raccolgono invece i risultati in termini di tempi di viaggio totale. Al 2025 è evidente una riduzione netta rispetto al programmatico distribuita su tutte le varie sotto reti prese in considerazione. Al 2035 il tempo totale di tutte le componenti si riduce, con l'esclusione del resto della rete autostradale e della sola componente veicoli leggeri nella tangenziale di Bologna.

Tabella 3 - Confronto tempi di viaggio al 2025 tra scenario progettuale e programmatico

INDICATORE	2025								Diff. Ass.
	Programmatico				Progettuale				
	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	
TEMPO TOTALE (ORE/ANNO)									
Tempo Tot leggeri AUTOSTRADA senza A14 BO	3.643	156.313	139.260.654	139.416.968	3.643	124.697	139.197.340	139.322.037	-94.930
Tempo Tot pesanti AUTOSTRADA senza A14 BO	3.643			74.272.176	3.643			74.245.540	-26.636
<i>Tempo Tot totali AUTOSTRADA senza A14 BO</i>	<i>3.643</i>			<i>213.689.144</i>	<i>3.643</i>			<i>213.567.578</i>	<i>-121.566</i>
Tempo Tot leggeri AUTOSTRADA A14 BO	35	141.127	6.860.884	7.002.012	35	24.056	6.009.361	6.033.417	-968.595
Tempo Tot pesanti AUTOSTRADA A14 BO	35			2.289.663	35			2.110.544	-179.118
<i>Tempo Tot totali AUTOSTRADA A14 BO</i>	<i>35</i>			<i>9.291.674</i>	<i>35</i>			<i>8.143.961</i>	<i>-1.147.713</i>
Tempo Tot leggeri AUTOSTRADA	3.678	297.441	146.121.539	146.418.979	3.678	148.753	145.206.701	145.355.454	-1.063.525
Tempo Tot pesanti AUTOSTRADA	3.678			76.561.839	3.678			76.356.084	-205.754
<i>Tempo Tot totali AUTOSTRADA</i>	<i>3.678</i>			<i>222.980.818</i>	<i>3.678</i>			<i>221.711.539</i>	<i>-1.269.279</i>
Tempo Tot leggeri TANGENZIALE	46	6.698.547	10.156.468	16.855.015	46	6.282.500	10.429.460	16.711.960	-143.055
Tempo Tot pesanti TANGENZIALE	46			2.342.751	46			2.173.701	-169.050
<i>Tempo Tot totali TANGENZIALE</i>	<i>46</i>			<i>19.197.766</i>	<i>46</i>			<i>18.885.661</i>	<i>-312.105</i>
Tempo Tot leggeri RETE ORDINARIA URBANA	2.320	32.593.727	49.987.382	82.581.110	2.322	31.105.038	49.528.792	80.633.831	-1.947.279
Tempo Tot pesanti RETE ORDINARIA URBANA	2.320			15.425.700	2.322			15.269.182	-156.518
<i>Tempo Tot totali RETE ORDINARIA URBANA</i>	<i>2.320</i>			<i>98.006.810</i>	<i>2.322</i>			<i>95.903.013</i>	<i>-2.103.797</i>
Tempo Tot leggeri RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.930	30.823.937	153.518.134	184.342.071	7.944	30.675.309	153.366.531	184.041.840	-300.231
Tempo Tot pesanti RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.930			49.968.335	7.944			49.932.579	-35.756
<i>Tempo Tot totali RETE ORDINARIA EXTRAURBANA</i>	<i>7.930</i>			<i>234.310.406</i>	<i>7.944</i>			<i>233.974.419</i>	<i>-335.987</i>
Tempo Tot leggeri RETE ORDINARIA	10.250	63.417.664	203.505.516	266.923.180	10.266	61.780.347	202.895.323	264.675.670	-2.247.510
Tempo Tot pesanti RETE ORDINARIA	10.250			65.394.035	10.266			65.201.761	-192.274
<i>Tempo Tot totali RETE ORDINARIA</i>	<i>10.250</i>			<i>332.317.216</i>	<i>10.266</i>			<i>329.877.431</i>	<i>-2.439.784</i>
Tempo Tot leggeri RETE COMPLESSIVA	13.973,9	70.413.652	359.783.523	430.197.175	13.989,8	68.211.600	358.531.484	426.743.085	-3.454.090
Tempo Tot pesanti RETE COMPLESSIVA	13.973,9			144.298.625	13.989,8			143.731.547	-567.078
<i>Tempo Tot totali RETE COMPLESSIVA</i>	<i>13.974</i>			<i>574.495.800</i>	<i>13.990</i>			<i>570.474.631</i>	<i>-4.021.169</i>

NOTE:

"AUTOSTRADA A14 BO" comprende il tratto di A14 dall'Interconnessione con l'A1 allo svincolo di San Lazzaro, compreso il ramo Casalecchio, la tratta A13 Arcoveggio- All. A14 e le rampe autostradali sino all'interconnessione con la rete ordinaria e con la tangenziale nei 4 caselli di interconnessione.

"AUTOSTRADA senza A14 BO" comprende tutta la restante rete autostradale.

"AUTOSTRADA" comprende tutta la rete autostradale.

"TANGENZIALE" comprende la tratta Casalecchio-San Lazzaro, il Ramo Verde, le complanari Nord e Sud da San Lazzaro a Ponte Rizzoli e le rampe della tangenziale sino all'interconnessione con la rete ordinaria.

Tabella 4 - Confronto tempi di viaggio al 2035 tra scenario progettuale e programmatico

INDICATORE	2035								Diff. Ass.
	Programmatico				Progettuale				
	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	
TEMPO TOTALE (ORE/ANNO)									
Tempo Tot leggeri AUTOSTRADA senza A14 BO	4.265	162.450	154.225.108	154.387.558	4.265	119.219	154.208.103	154.327.322	-60.235
Tempo Tot pesanti AUTOSTRADA senza A14 BO	4.265			77.853.520	4.265			77.936.493	82.973
<i>Tempo Tot totali AUTOSTRADA senza A14 BO</i>	<i>4.265</i>			<i>232.241.078</i>	<i>4.265</i>			<i>232.263.815</i>	<i>22.737</i>
Tempo Tot leggeri AUTOSTRADA A14 BO	35	182.529	7.266.407	7.448.936	35	24.472	6.325.303	6.349.775	-1.099.161
Tempo Tot pesanti AUTOSTRADA A14 BO	35			2.199.471	35			2.047.186	-152.285
<i>Tempo Tot totali AUTOSTRADA A14 BO</i>	<i>35</i>			<i>9.648.407</i>	<i>35</i>			<i>8.396.961</i>	<i>-1.251.446</i>
Tempo Tot leggeri AUTOSTRADA	4.300	344.979	161.491.515	161.836.494	4.300	143.692	160.533.406	160.677.097	-1.159.396
Tempo Tot pesanti AUTOSTRADA	4.300			80.052.992	4.300			79.983.679	-69.313
Tempo Tot totali AUTOSTRADA	4.300			241.889.485	4.300			240.660.776	-1.228.709
Tempo Tot leggeri TANGENZIALE	46	6.922.949	10.642.675	17.565.623	46	6.542.063	11.109.255	17.651.318	85.694
Tempo Tot pesanti TANGENZIALE	46			2.447.880	46			2.259.594	-188.286
<i>Tempo Tot totali TANGENZIALE</i>	<i>46</i>			<i>20.013.503</i>	<i>46</i>			<i>19.910.911</i>	<i>-102.592</i>
Tempo Tot leggeri RETE ORDINARIA URBANA	2.320	33.744.855	52.467.378	86.212.233	2.322	32.079.960	51.712.171	83.792.131	-2.420.102
Tempo Tot pesanti RETE ORDINARIA URBANA	2.320			15.941.112	2.322			15.728.914	-212.198
<i>Tempo Tot totali RETE ORDINARIA URBANA</i>	<i>2.320</i>			<i>102.153.345</i>	<i>2.322</i>			<i>99.521.045</i>	<i>-2.632.299</i>
Tempo Tot leggeri RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.674	31.677.328	157.992.358	189.669.686	7.687	31.485.513	157.811.795	189.297.308	-372.378
Tempo Tot pesanti RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.674			49.222.195	7.687			49.004.794	-217.401
<i>Tempo Tot totali RETE ORDINARIA EXTRAURBANA</i>	<i>7.674</i>			<i>238.891.881</i>	<i>7.687</i>			<i>238.302.103</i>	<i>-589.779</i>
Tempo Tot leggeri RETE ORDINARIA	9.993	65.422.183	210.459.736	275.881.919	10.009	63.565.473	209.523.966	273.089.440	-2.792.479
Tempo Tot pesanti RETE ORDINARIA	9.993			65.163.307	10.009			64.733.708	-429.599
Tempo Tot totali RETE ORDINARIA	9.993			341.045.226	10.009			337.823.148	-3.222.078
Tempo Tot leggeri RETE COMPLESSIVA	14.339,1	72.690.110	382.593.926	455.284.036	14.355,0	70.251.228	381.166.627	451.417.855	-3.866.181
Tempo Tot pesanti RETE COMPLESSIVA	14.339,1			147.664.179	14.355,0			146.976.981	-687.198
Tempo Tot totali RETE COMPLESSIVA	14.339			602.948.215	14.355			598.394.836	-4.553.379

NOTE:

"AUTOSTRADA A14 BO" comprende il tratto di A14 dall'Interconnessione con l'A1 allo svincolo di San Lazzaro, compreso il ramo Casalecchio, la tratta A13 Arcoveggio- All. A14 e le rampe autostradali sino all'interconnessione con la rete ordinaria e con la tangenziale nei 4 caselli di interconnessione.

"AUTOSTRADA senza A14 BO" comprende tutta la restante rete autostradale.

"AUTOSTRADA" comprende tutta la rete autostradale.

"TANGENZIALE" comprende la tratta Casalecchio-San Lazzaro, il Ramo Verde, le complanari Nord e Sud da San Lazzaro a Ponte Rizzoli e le rampe della tangenziale sino all'interconnessione con la rete ordinaria.

3 ANALISI COSTI-BENEFICI DEL PROGETTO

3.1 Inquadramento metodologico

Con Analisi Costi Benefici ("ACB" nel seguito) si intendono due tipi di approccio valutativo: l'approccio socio-economico (ACBe), che guarda al punto di vista della collettività, e quello finanziario (ACBf), che si pone dalla parte di un investitore.

Mentre le decisioni private sono inequivocabilmente orientate al secondo criterio, le decisioni pubbliche dovrebbero tenere conto di entrambi, cioè del **benessere socio-economico** generato o consumato dalle decisioni prese, ma anche del loro **impatto finanziario**, trattandosi di denaro pubblico (a maggior ragione in un contesto di risorse limitate come l'attuale fase economica). Inoltre, sempre più rilevante per il decisore è il tema dell'equità della spesa, che interseca entrambi gli aspetti.

Il presente documento costituisce la valutazione socio-economica (ACBe) del progetto.

Il concetto di base dell'ACBe è la misura delle **variazioni di surplus sociale** che la realizzazione di un progetto o l'implementazione di una politica, di qualsiasi tipo, genera per la società. Nella misura del surplus sociale entrano **sia i costi privati dei cittadini (tempo, costi monetari, etc.), che i principali effetti di carattere ambientale**, i quali, oltre a contribuire alla qualità della vita della comunità coinvolta, contribuiscono a determinare la sostenibilità globale delle azioni¹. Quando il surplus aumenta dallo scenario di non-intervento (qui detto "Programmatico") a quello di intervento (qui detto "Progettuale"), la società ottiene un aumento del proprio benessere, a spese di un investimento. Quel progetto dunque, se l'investimento è inferiore ai benefici e se vi sono le risorse per realizzarlo, è socialmente vantaggioso e andrebbe realizzato. La misura di questo surplus è condotta attraverso la **monetizzazione** di tutte le voci di costo coinvolte dal progetto, sia per quanto riguarda i costi a cui corrisponde un effettivo esborso monetario, sia per quelli non tangibili (come l'inquinamento, il tempo, ecc.). Questi ultimi, in particolare, rappresentano effettivamente risorse consumate, ma ad essi non corrisponde un "prezzo" e vengono quindi trattati attraverso l'uso di "prezzi ombra".

Altro elemento chiave è l'**attualizzazione** di costi e benefici futuri, attraverso l'utilizzo di un saggio di sconto intertemporale. Questo concetto traduce il fatto che un beneficio goduto oggi è, sotto tutti i punti di vista, preferibile ad un beneficio uguale goduto in futuro, mentre l'opposto avviene per i costi². Il saggio di sconto che traduce questo concetto per la società è detto Saggio Sociale di Sconto (SSS) ed il relativo valore da adottare è disponibile su linee guida italiane o europee.

Ogni singola analisi viene condotta attraverso il confronto di almeno due alternative: lo scenario di riferimento (o "Programmatico") e almeno uno scenario di progetto. In alcuni casi, ove esistono più varianti o alternative tecnicamente fondate o non dominate da altre (cioè peggiori sotto ogni aspetto), è opportuno includerle sempre nella valutazione, in modo da indicare quelle preferibili.

¹ Ad esempio quando un piano contribuisce alla riduzione delle emissioni di CO2.

² Questo aspetto è chiaro, anche intuitivamente, per un singolo individuo. In analogia, e la letteratura teorica sul tema è sostanzialmente allineata, questo vale anche per una società composta da più individui. In altre parole, l'attualizzazione è un'operazione finanziaria per tenere conto della preferenza intertemporale della società, in analogia con la preferenza individuale: è preferibile sostenere una spesa di 1€ in futuro, piuttosto che di 1€ oggi ed è preferibile un beneficio di 1€ oggi piuttosto che in futuro.

In termini pratici, la stima delle variazioni di surplus per gli utenti deriva dalla somma del prodotto tra i coefficienti unitari dei valori del tempo per la variazione dei tempi di viaggio negli scenari simulati ed il prodotto dei valori al chilometro dei costi operativi per la variazione di percorrenze chilometriche (si veda l'equazione 6 nel paragrafo 3.4). Analogamente la stima delle esternalità ambientali di progetto e di cantiere è data dal prodotto tra la variazione delle percorrenze chilometriche nei tre orizzonti simulati ed i coefficienti unitari delle diverse voci di costo esterno considerate.

3.2 La monetizzazione dei prezzi ombra

Come già accennato, il punto chiave dell'ACB è la traduzione del fenomeno analizzato in termini monetari. Relativamente ad un progetto o ad una politica si possono riconoscere i seguenti costi e benefici:

- Risorse consumate transitanti in un mercato: materie prime, semi-lavorati, energia, ecc.
- Risorse consumate non transitanti in un mercato: tempo, ambiente, ecc.
- Benefici transitanti in un mercato: risparmi monetari relativi all'utenza.
- Benefici non transitanti in un mercato: riduzione di esternalità ambientali.

La monetizzazione di costi e benefici permette di rendere confrontabili tra loro le diverse componenti del progetto, altrimenti in gran parte incomparabili, attraverso la traduzione dei costi e dei benefici in termini di risorse consumate o risparmiate.

Vi sono tre casi relativamente al modo in cui si determina tale valore. Tutti i beni che passano per un *mercato perfetto* hanno già associato un prezzo che rappresenta esattamente il valore delle risorse consumate per produrli: nell'analisi economica, per questi beni, vengono quindi utilizzati i prezzi di mercato.

Dato che però difficilmente ci si trova in condizioni di mercato perfetto, anche per i beni dotati di un *prezzo di mercato*, in un'analisi economica è necessario passare dai *prezzi* ai *costi economici* per correggere una serie di distorsioni ai normali meccanismi di allocazione della domanda. Esempio evidente è quello delle tasse, che riducono il consumo a parità di risorse consumate, o dei sussidi, che sortiscono l'effetto contrario; tasse e sussidi, del resto, sono di fatto partite di giro interne alla società e devono essere sempre bilanciate nelle ACBe.

Vi sono, infine, casi in cui si verifica un consumo di risorse, le quali però non transitano su un mercato e quindi non hanno un prezzo. E', ad esempio, il caso del tempo di viaggio. Per assegnare un valore monetario a questi beni si utilizzano una serie di tecniche di natura statistico-economica. I "prezzi" così attribuiti si definiscono *prezzi ombra*.

In linea di principio per tutti gli effetti è possibile costruire una stima economica. Tuttavia, per alcuni di essi, tale stima potrebbe risultare un'inaccettabile semplificazione (si pensi, ad esempio, alla monetizzazione della bellezza di un progetto). La presente analisi si limiterà ai soli aspetti tradizionalmente quantificati e monetizzati: costi industriali, variazione di tempi e percorrenze, impatti ambientali, impatti di cantiere.

3.3 Procedura generale per progetti infrastrutturali

Si traccia qui brevemente l'algoritmo generale alla base dell'analisi dal punto di vista operativo, tipicamente utilizzato per progetti infrastrutturali.

3.3.1 Definizione dello scenario di riferimento

Al fine di analizzare la validità di un singolo progetto o di classificare progetti alternativi secondo la loro desiderabilità, occorre innanzitutto definire una situazione di riferimento, ovvero lo scenario rispetto al quale è da ritenere più o meno valido un progetto di investimento od una politica. Se per un operatore privato l'alternativa è il non investire (e depositare il denaro in banca per riscuoterne interessi), per un operatore pubblico, invece, l'ipotesi "do – nothing" consiste nel mantenimento dello status quo, con i costi sociali ad esso associati.

In realtà, lo scenario di riferimento (Reference) rispetto a cui confrontare gli scenari di progetto deve essere definito a partire dall'ipotesi di non fare **nulla di più rispetto ai progetti già in corso e alle decisioni già prese**, ancorché non già operative, **tenendo conto delle condizioni esogene** quali la possibile evoluzione economica, i futuri scenari insediativi, le tendenze relative alla mobilità, ecc. Lo scenario di riferimento è quindi, più correttamente, il "Business as usual" o "Programmatico". Sulla base di questo scenario deve essere ricostruito il quadro economico dei costi e dei benefici complessivi che si determinano nel contesto potenzialmente influenzabile del progetto in esame, ma in assenza del progetto stesso. La definizione dello scenario di riferimento influisce in modo sostanziale sul risultato delle analisi.

3.3.2 Definizione della vita economica e/o dell'orizzonte di analisi

Il confronto e il computo dei benefici e dei costi deve essere condotto entro tutto l'orizzonte di vita economica del progetto, possibilmente in modo continuo (anno per anno). Per progetti particolarmente grandi (autostrade, ferrovie, grandi infrastrutture) e con vita economica molto lunga, l'effetto dell'attualizzazione rende via via meno rilevanti i costi e i benefici molto distanti nel tempo. Come indicazione di massima si utilizza generalmente un orizzonte di 30-40 anni, anche per poter contare su previsioni economiche e modellistiche ragionevolmente affidabili.

Al termine del periodo di analisi viene calcolato il valore residuo delle opere, cioè il valore che esse conservano per il futuro.

3.3.3 Calcolo dei costi, dei benefici e della variazione di surplus

La misurazione dei benefici può avvenire in modi diversi, a seconda del fenomeno analizzato e dei dati disponibili. Il modo più corretto e completo è quello di quantificare il surplus degli utenti, quello dei non utenti e quello dei produttori, sia nello scenario di riferimento che in quelli di progetto.

L'ACB confronta dunque la variazione di surplus generato dal progetto o dalla politica, con l'entità degli investimenti e dei costi operativi necessari. La tecnica di calcolo del surplus utilizzata costituisce il cuore della valutazione oltre che la sua componente più complessa. Nel seguito verrà descritta la procedura seguita nel caso presente.

L'esistenza di una variazione di surplus sociale positivo è condizione necessaria ma non sufficiente alla preferibilità di un progetto. Se, infatti, surplus negativi significano che l'opera genera benefici negativi, indipendentemente dai costi di investimento (ad esempio i tempi di viaggio aumentano), surplus positivi non garantiscono però che non vi siano progetti migliori o con migliori rapporti tra benefici e costi di investimento.

Per analizzare questo tipo di problema si utilizzano alcuni indicatori, tra cui NPV, NBIR ed SRI.

3.3.4 Calcolo degli indicatori (NPV, SRI)

Il surplus non è quindi l'unico elemento di valutazione ed esso va commisurato almeno agli investimenti iniziali necessari per ottenerlo. Gli indicatori utilizzati comunemente ed indicati dal

NUVV (2003), dal MIT (2006a), dalle recenti Linee Guida della Regione Lombardia (2016), oltre che dalla letteratura internazionale, sono il Valore Netto Presente, il rapporto tra benefici e costi e il Saggio di Rendimento Interno.

Equazione 1 - Formula generale del NPV

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{\Delta S_t - I_{econ} + VR_{econ} + \Delta S_{cantiere}}{(1 + i_{sociale})^t}$$

Il NPV (Valore Netto Presente) è la somma algebrica attualizzata di tutti i costi e di tutti i benefici generatisi entro l'orizzonte temporale T . Gli addendi della formula standard qui riportata sono il ΔS , cioè la variazione del surplus, così come precedentemente definito, l'investimento economico I_{econ} , cioè tutti quei costi puntuali di investimento che non entrano a formare i costi marginali e che quindi non compaiono nella stima della variazione del surplus e $VR_{econ,T}$ ovvero il valore residuo dell'opera alla fine dell'orizzonte di analisi T . Ciascuno di questi costi o benefici va situato nell'anno in cui si genera ed attualizzato all'anno zero attraverso l'espressione $(1+i_{sociale})^t$.

Equazione 2 - Formula generale del NBIR

$$NBIR = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{\Delta S_t + VR_{econ} + \Delta S_{cantiere}}{(1 + i_{sociale})^t}}{I_{econ}}$$

L'NBIR (Benefici netti sull'investimento) è un rapporto che vede a denominatore il valore economico (e, se svolto su più anni, attualizzato) dell'investimento ed a numeratore tutte le altre voci di costo o beneficio. E' un indicatore molto intuitivo perché dà la dimensione di "quanti euro genera il progetto per ogni euro investito". Naturalmente, nel caso delle politiche non infrastrutturali, esso perde di significato perché non esiste un costo di investimento o è molto piccolo rispetto all'entità degli altri costi e benefici.

Un'altra formulazione di rapporto tra benefici e è la seguente:

Equazione 3 - formula del rapporto benefici costi

$$B / C = \frac{\sum_{n=1}^T \frac{B_n}{(1 + i_{sociale})^n}}{\sum_{n=1}^T \frac{C_n}{(1 + i_{sociale})^n}}$$

In essa tutte le voci con segno positivo vengono divise per tutte quelle con segno negativo, qualunque sia la loro natura (investimenti, variazioni di surplus, ecc.), attualizzati. Questo indicatore fornisce un'indicazione generale su quanto i benefici prevalgano o meno sui costi, senza specificarne la natura.

Infine, si utilizza anche il Saggio di Rendimento Interno:

Equazione 4 - formula del saggio di rendimento interno

$$\sum_{n=1}^T \frac{B_n}{(1 + SRI)^n} = \sum_{n=1}^T \frac{C_n}{(1 + SRI)^n}$$

Esso è un indice più sintetico della redditività (in senso lato, cioè non finanziaria ma generatrice di benessere sociale) dell'investimento. E' definito come il valore in corrispondenza del quale il NPV è nullo e rappresenta, appunto, l'intrinseca redditività di un progetto. A differenza degli altri, il suo significato è meno intuitivo, sebbene più "ricco" (perché indipendente dal saggio di sconto utilizzato).

3.3.5 Il ranking delle azioni

In presenza di più alternative o varianti, gli indicatori e le indicazioni dell'analisi vengono utilizzati per produrre un ordinamento degli stessi, da quello che genera più beneficio sociale a quello che ne genera meno (o che genera un costo sociale netto).

Sebbene la decisione finale comporti essenzialmente di una scelta politica, l'indicazione dell'ACB è di non realizzare tutto ciò che ha un NPV chiaramente negativo. Progetti debolmente positivi o marginalmente negativi (ma con effetti positivi non quantificati dall'ACB) possono essere considerati in funzione del budget disponibile, mentre i progetti da privilegiare sono sempre quelli con ACB chiaramente positive. Con un dato vincolo di bilancio, sono però possibili molte diverse soluzioni. Ad esempio, quella di realizzare poche opere costose o, con le stesse risorse, tante opere poco costose. Questo può essere fatto con algoritmi, ma è più realistico assumere che sia lasciato al decisore politico, dati i vincoli di non negatività di cui sopra.

3.3.6 Analisi di sensitività e Analisi di rischio

Sebbene l'analisi venga condotta il più possibile "on the safe side", cioè imputando valori (come i valori del tempo, etc.) tali da andare "contro" il risultato (valori conservativi per progetti risultati vantaggiosi, valori ottimistici per progetti che risultano negativi), è utile corredarla con una valutazione della robustezza del risultato.

Essa può avvenire attraverso un'analisi più semplice, detta **analisi di sensitività**, attraverso la quale si verifica l'andamento del NPV in funzione di una variazione alle più significative variabili introdotte, considerate una per una. Tra queste vengono solitamente inclusi il saggio sociale di sconto, il valore del tempo, i costi di investimento e qualunque altra variabile per cui il "numero" scelto e introdotto nell'analisi presenti incertezze o variabilità.

Un approccio più complesso, ma con il medesimo obiettivo, è rappresentato dall'**analisi di rischio**. In questo caso le variabili incerte vengono fatte variare insieme (e non una per una) e viene imposta loro una funzione di probabilità. Il risultato è una distribuzione di probabilità associata a diversi valori di NPV. In altre parole, si può stimare qual è la probabilità che il NPV sia positivo nelle varie alternative.

3.4 Analisi degli impatti dell'opera

L'analisi degli impatti dell'opera, da confrontarsi con i suoi costi di investimento e gestione, segue la canonica suddivisione in effetti diretti ed indiretti (o "wider"). Gli effetti diretti si suddividono a loro volta in interni, cioè per utenti e gestori, ed esterni, cioè per il complesso dei non utenti e della collettività. Gli effetti indiretti o "wider", che si generano solo in limitati casi, possono comprendere gli effetti sull'ampliamento del mercato del lavoro e l'aumento di efficienza produttiva. Essi non vengono però considerati in questa valutazione poiché non vi sono stime affidabili in proposito (occorre evitare ogni doppio conteggio) ed è dunque opportuno in un'ottica "stay on the safe side" non considerarli per non incorrere in problemi di *optimism bias*.

Gli impatti diretti sono invece descritti nei successivi paragrafi.

3.4.1 Impatti diretti per gli utenti: il calcolo della Variazione di Surplus dei consumatori

L'aspetto più complesso in un'ACB è il corretto calcolo della variazione di surplus collettivo, cioè la componente ΔS della precedente **Equazione 1**, e dei consumatori in particolare.

Questo calcolo risulta particolarmente complesso in valutazioni multimodali, cioè in cui vi sono delle componenti di domanda che cambiano modo per effetto del progetto tra scenario di riferimento e di progetto. In questo caso, il modo con cui tradizionalmente viene calcolato il surplus è la cosiddetta "regola del mezzo" o "della metà" o, in presenza di modelli di trasporto calibrati, è possibile utilizzare una metodologia ancora più precisa, detta "logsum"³.

Cenni sul calcolo del Surplus con la Regola del Mezzo

Tradizionalmente il modo più utilizzato e robusto per calcolare la variazione di surplus per i consumatori/utenti in assenza di una completa interfaccia con un modello di trasporto è quello di ipotizzare l'ignoto andamento della curva di domanda come lineare tra i due punti pre- e post-intervento, che sono invece tendenzialmente noti o calcolabili (Maffii e Parolin, 2013; Grimaldi e Beria, 2013; Regione Lombardia, 2016).

Ad ogni scenario corrisponderà dunque un punto di una curva di domanda sul diagramma costi(quantità) che rappresenta il costo generalizzato medio CG dei Q utenti (se possibile, disaggregati in sotto-gruppi con caratteristiche più omogenee). Le due situazioni "riferimento" e "progetto" determineranno due punti della curva di domanda che, in assenza di altre informazioni, si assume lineare tra i due punti. Di conseguenza, la variazione di surplus per gli utenti esistenti è pari all'area del rettangolo di base Q_1 (il numero di utenti esistenti, appunto) ed altezza $CG_1 - CG_2$ (la riduzione di costo generalizzato, ovvero il beneficio unitario) più l'area del triangolo di base $Q_2 - Q_1$ (il numero di nuovi utenti) e stessa altezza, da cui il nome di "**regola della metà**".

$$\Delta S_{consumatori} = (Q_1) \times (CG_1 - CG_2) + \frac{1}{2} (Q_2 - Q_1) \times (CG_1 - CG_2)$$

$$\Delta S_{consumatori} = \frac{1}{2} (Q_1 + Q_2) \times (CG_1 - CG_2)$$

Questo approccio è molto diffuso perché semplice e necessitante di pochi dati, dovendosi stimare solamente le quantità di domanda (e la variazione di costo generalizzato (e non il relativo valore assoluto, assai più complesso da determinare) e per il solo modo direttamente impattato dall'investimento o dalla politica. Questo permette per esempio di ignorare quale fosse il costo generalizzato sul modo di "provenienza" per l'utenza che cambia modo in seguito ad un miglioramento sul modo di "destinazione", alla quale viene semplicemente attribuita la metà del beneficio introdotto sul modo di "destinazione".

³ Per una applicazione recente si rimanda a Beria e Grimaldi (2015).

Nei soli casi in cui, come nel caso presente, **non vi sia cambio modale** o si ritiene, dalle simulazioni modellistiche effettuate, che esso costituisca una quota minima della domanda, è possibile utilizzare un approccio più intuitivo della regola del mezzo e del *logsum*, cioè la **differenza tra i costi generalizzati economici**.

Sotto questa ipotesi, il surplus dei consumatori è dato semplicemente da:

Equazione 5: surplus dei consumatori in assenza di cambio modale

$$\Delta S_{\text{consumatori}} = CG_{\text{progetto}} - CG_{\text{riferimento}}$$

Poiché, per l'ACB, siamo interessati al surplus collettivo, sarà in questo caso sufficiente sostituire il costo generalizzato percepito (CG) con quello economico (CE), che è a sua volta dato dalle componenti dei costi operativi (VOC) e costo del tempo. Sempre per l'assenza di cambio modale, è inoltre possibile riferirsi alla variazione totale di percorrenze (ΔQ) e di tempo (ΔT) invece che alle singole variazioni per ogni coppia OD e per ogni motivo di viaggio, come si dovrebbe fare in casi più complessi.

Equazione 6: surplus collettivo in assenza di cambio modale

$$\Delta S = CE_{\text{progetto}} - CE_{\text{riferimento}} = \Delta Q * VOC + \Delta T * VOT$$

Per il progetto in oggetto sono disponibili, attraverso il modello di traffico, sia le variazioni totali di percorrenze che le variazioni totali del tempo su tutta l'area di studio. Per i valori unitari di VOC e VOT si rimanda al capitolo 0, contenente tutte le assunzioni fatte.

3.4.2 Impatti diretti per i produttori

In assenza di cambio modale o di traffico generato, i pedaggi e le tariffe pagate dai viaggiatori sono trasferimenti interni alla collettività (dai veicoli al gestore autostradale) e vengono dunque ignorati poiché non influenzano il risultato.

3.4.3 Impatti diretti esterni

Per completare la stima degli effetti socio-economici per la collettività, occorre considerare anche la **variazione di costi esterni**, che si può anche definire come variazione di surplus dei non-utenti. Essa solitamente dipende dalle percorrenze (e quindi, nel confronto tra progetto e riferimento, dalla variazione delle percorrenze). Le esternalità considerate sono di natura diversa (j) e per esse si rimanda al paragrafo 5.3.

Equazione 5: calcolo delle esternalità totali

$$\Delta EXT = \sum_j \Delta Q * CX_j$$

4 COSTI DEL PROGETTO

Il presente capitolo raccoglie i dati e le informazioni relative alla costruzione e manutenzione del manufatto, oltre che altre assunzioni, quali la vita utile e i tempi di realizzazione.

Lo scenario di progetto qui considerato (e che, naturalmente, coincide con quello utilizzato nel modello di traffico) è costituito da due componenti principali:

- L'ampliamento **in sede di autostrada e tangenziale**, per un costo stimato di **613 milioni di €** escluso IVA comprensivo dei costi di progettazione;
- Una serie di **opere** con funzione di adduzione e completamento della maglia stradale nell'area urbana di Bologna, per un costo complessivo stimato di **80 milioni di €** escluso IVA comprensivo di costi di progettazione.

Ad oggi le previsioni di cantierizzazione parlano di un'apertura per del cantiere a dicembre 2018 per l'apertura al traffico nel maggio 2021. Per semplicità, ragionando per anni, l'investimento totale è stato suddiviso in parti uguali nei tre anni 2019, 2020 e 2021.

Per quanto riguarda la **manutenzione ordinaria e straordinaria**, sono state fatte le seguenti ipotesi, in parte basate su stima analitica fornita dal gestore.

	Ipotesi
Manutenzione ordinaria	Per la sede autostradale: fornita dal gestore (vedi oltre). Per le opere di adduzione: 0,5% del costo di investimento, ogni anno.
Manutenzione straordinaria	Inclusa come quota della manutenzione ordinaria.

La manutenzione aggiuntiva della piattaforma autostradale è stata quantificata analiticamente dal gestore comprende le seguenti voci: MOR-MOF (esterno+interno), pavimentazioni costo medio annuo aderenza/regolarità, manutenzione straordinaria opere d'arte, manutenzione straordinaria giunti, ispezioni, impianti (field force), consumi energetici.

Infine, il **valore residuo** è stato determinato secondo la formula semplificata:

$$VR_{\text{anno_finale}} = \frac{Vita_utile - Anni_progetto}{Vita_utile} \cdot Investimento_iniziale$$

Assumendo una vita utile di 40 anni (non sono inclusi costi di manutenzione straordinaria), all'anno finale dell'analisi del 2051 saranno trascorsi 30 anni di operatività e, dunque, il valore residuo sarà pari a $(40-30)/40 = 25\%$ dell'investimento iniziale. Questo valore sarà opportunamente scontato con il tasso di sconto, così come ogni altro costo e beneficio futuro.

5 ALTRI DATI

A completamento dei due precedenti capitoli su costi di costruzione e domanda, il presente capitolo raccoglie tutte le altre assunzioni fatte nell'ACB, che daranno i risultati di cui al capitolo 6. In particolare, si discuteranno le scelte sugli input macroeconomici, il valore del tempo, i costi operativi, i costi sociali delle emissioni considerati.

5.1 Input macro-economici e modellistici

5.1.1 Orizzonte di analisi

In coerenza con la comune pratica, l'orizzonte di analisi viene fissato su un periodo piuttosto lungo, pari a 30 anni a partire dall'anno di apertura dell'autostrada, quindi dal 2022 al 2051, preceduto dal periodo di costruzione. Il naturale effetto di troncamento dell'analisi viene smorzato dal saggio di sconto e dall'utilizzo di un valore residuo per le opere a fine periodo di analisi (al 2051).

Anno di riferimento per l'attualizzazione	2016
Anni di simulazione	2025 e 2035
Orizzonte d'analisi	30 anni, dal 2022 al 2051

5.1.2 Saggio Sociale di Sconto

L'ACB si pone il problema di mettere a confronto costi e benefici che avvengono in tempi diversi. Un beneficio (o un costo) lontano nel tempo è valutato dai singoli individui "meno" dello stesso beneficio vicino nel tempo e che questa preferenza ha nome di "saggio di sconto". Analogamente, il saggio di preferenza intertemporale di una società formata da più individui viene detto "saggio sociale di sconto" ("SSS").

Il saggio di sconto sociale e quello finanziario coincidono solamente nel caso (teorico) di mercati finanziari perfetti. Dato che questo non accade mai, il saggio sociale di sconto viene determinato dai singoli organi internazionali o dalle singole banche centrali utilizzando diverse metodologie teoriche. Nel caso italiano non si ha un valore obbligatorio standard.

In realtà i valori utilizzati comunemente sono abbastanza simili per economie simili come quelle dei paesi europei. La Guida NUVV (2003), primo testo di riferimento italiano per valutazioni economiche, seppure non obbligatorio, suggeriva nel 2001 e nel 2003 un tasso del 5%. Lo stesso valore veniva suggerito come benchmark internazionale dalla prima versione della Guida all'Analisi Costi-Benefici della EU-DGRU, sebbene la stessa riporti valori diversi nei vari paesi. Nel tempo, i valori di riferimento indicati nelle guide sono scesi al 3,5% (EU-DGRU 2008) e più recentemente (EU-DGRU 2014) al 3% per le aree (come quella in oggetto), che non hanno accesso ai Fondi di Coesione.

Per questa analisi, in base al contesto in cui è affrontato e alla letteratura consultata, si è scelto di utilizzare un saggio di sconto sociale del **3,0%**.

Questo valore verrà comunque sottoposto ad analisi di sensitività.

5.1.3 Coefficienti di conversione tra costi finanziari ed economici

Molti dei valori già introdotti devono essere convertiti da prezzi (o costi finanziari) a corrispondenti valori economici, cioè il costo-opportunità delle risorse consumate. In particolare, i valori devono tenere conto della tassazione e di altre distorsioni (MIT, 2006).

Il primo riferimento italiano è la Guida NUVV 2003, che risulta però estremamente datato. Più recentemente, le linee guida Europee EU-DGRU 2014 suggeriscono valori leggermente più alti di quelli del passato. Le linee guida UVAL/IRPET (2014) riportano molto più disaggregati per tipologie di lavorazione.

Nel presente, studio per la maggior disaggregazione, si farà riferimento a queste ultime, applicandone i coefficienti alla componente di manodopera e di lavori con cui è costruito il computo dei costi di investimento.

Tabella 5 – Coeff. di conversione tra costi di costruzione finanziari ed economici (elab. da UVAL/IRPET, 2014)

Lavorazione	ECO/FIN manodopera	ECO/FIN lavori
Movimenti materie	0,4392	0,83
Opere d'arte	0,4392	0,83
Pavimentazioni	0,4392	0,83
Opere varie	0,4392	0,83
Opere a verde	0,4392	0,83
Barriere	0,4392	0,83
Segnaletica	0,4392	0,83
Idraulica	0,4392	0,83
Impianti	0,4392	0,88
Prezzi aggiuntivi	0,4392	0,85
Oneri turnazione		0,85
Oneri sicurezza		0,84
Espropri e indennizzi		1
Altre somme a disposizione		0,85

Per quanto riguarda la ripartizione degli impatti delle diverse lavorazioni sul costo delle opere e l'incidenza della manodopera su ciascuna di esse, si è fatto riferimento alle indicazioni di Spea.

5.1.4 Tassi di crescita

Non vi sono riferimenti obbligatori per la definizione dei tassi di crescita. Nella presente valutazione sono stati assunti i tassi di crescita del traffico utilizzati nel modello e che hanno determinato le due simulazioni al 2025 e al 2035. Per il periodo precedente, cioè per i primi anni di operatività, si è ipotizzato che tutti gli effetti siano una frazione di quelli a regime, in particolare del 50% il primo anno e del 75% al secondo, per poi raggiungere il 100% al terzo anno. Trattandosi di un allargamento in sede di una strada già pienamente operativa, si tratta di un'assunzione estremamente **cautelativa**, poiché è possibile pensare che l'effetto si mostri subito, non appena la strada viene aperta.

Successivamente al 2040, viene assunto un traffico costante. Questa assunzione è, in effetti, piuttosto delicata. Normalmente, i tassi di crescita vengono azzerati dopo un certo numero di anni di operatività, per tenere conto della "maturazione" del contesto. Anche in questo caso la sostenibilità di questa assunzione sul tasso di crescita verrà verificato con l'analisi di sensitività.

Tabella 6 - Assunzioni sui tassi di crescita della domanda e dei relativi benefici

2022	2023	2024	2025	2026-2034	2035	Dopo 2035
50% benefici 2025	75% benefici 2025	100% benefici 2025	Simulato	Lineare tra 2025-2035	Simulato	0% annuo

5.2 Valore del tempo e costi operativi

La definizione dei valori unitari dei costi operativi e del valore del tempo assume la disaggregazione disponibile, cioè una ripartizione sulla base di vari contesti stradali e con la distinzione tra breve e lunga percorrenza solo per gli spostamenti in auto. Non essendo disponibile una quantificazione modellistica dei veicoli commerciali distinta tra leggeri e pesanti per tutti i contesti, sono state formulate delle ipotesi sulla base delle indicazioni di Spea.

Tabella 7 - Ipotesi di incidenza sul traffico totale per veicoli commerciali leggeri e pesanti

Incidenza veicoli commerciali sul traffico totale	LEGGERI	PESANTI
Autostrada	35,00%	75,00%
Tangenziale	69,00%	31,00%
Ordinaria	47,04%	52,96%

5.2.1 Valore del tempo

Il valore del tempo riveste un ruolo fondamentale nell'analisi e determina, come si vedrà nel seguito, la larga parte dei benefici dell'opera. Per questo motivo è cruciale utilizzare una stima realistica e non ottimistica.

Vi sono tre strade a disposizione per tale determinazione. La prima è quella di condurre delle analisi ad hoc, ad esempio attraverso interviste del tipo *stated preferences*. Questa strada non è però possibile data l'eterogeneità degli utenti del segmento di A14, dove passa praticamente tutto il traffico italiano nord-sud. La seconda strada è quella di utilizzare i valori utilizzati nel modello di traffico. Ove questi valori siano coerenti con quelli comunemente utilizzati, possono essere considerati un'ottima stima poiché sono i valori del tempo che, nel modello calibrato, hanno contribuito a simulare la domanda attuale. La terza via, quella più utilizzata, è quella di riferirsi a valori standard di letteratura. Questo approccio ha dalla sua sia la semplicità che la confrontabilità con altri studi, ma naturalmente sconta la minor aderenza al caso in oggetto.

In questo caso facciamo riferimento ai seguenti valori di letteratura per la componente passaggeri.

Tabella 8 - Valori del tempo per motivo utilizzati per persona €₂₀₁₀

	VOT business [€/h]	VOT pendolarismo [€/h]	VOT turismo-altro [€/h]
Spostamenti <=18km	20	7.5	5
Spostamenti >18km	35	12	7

Le simulazioni modellistiche, tuttavia, non distinguono i veicoli per motivo di viaggio, mentre i valori del tempo richiedono questo dettaglio. Per questo motivo, si procede ad una stima con altra fonte del motivo di viaggio e lo si applica ai due *range* di distanza significativi per i valori del tempo: breve (sotto i 18 km) e medio-lunga (sopra i 18 km) come già indicato nel capitolo 2. Unica fonte

disponibile in Italia con il dettaglio necessario è la Matrice Origine Destinazione 2014 della Regione Lombardia. Si tratta di un contesto ragionevolmente simile per situazione economica e demografia. La matrice ISTAT pendolarismo è, invece, relativa al solo pendolarismo e dunque non comprende il motivo affari e turismo.

Tabella 9 - Ripartizione motivi spostamenti in auto tra breve e medio/lunga percorrenza (fonte: matrice O/D Regione Lombardia)

	Motivo business	Motivo pendolarismo	Motivo turismo-altro
Ripartizione	7%	62%	32%

Per quanto riguarda i coefficienti di occupazione veicolare, si è fatto anche in questo caso riferimento alla matrice O/D della Regione Lombardia (anno di riferimento 2014) assumendo valori diversi in base al motivo dello spostamento mentre per i veicoli commerciali si è assunto un valore unitario.

Tabella 10 - Coefficienti di occupazione utilizzati (fonte: matrice O/D Regione Lombardia)

	Motivo business	Motivo pendolarismo	Motivo turismo-altro
Coeff. occupazione	1,2	1,1	1,17

I valori finali per la componente di traffico leggero sono stati ottenuti pesando i dati in Tabella 8 (adeguati al 2016 utilizzando un fattore di aggiornamento pari a 1,07 che tiene conto dell'andamento dell'inflazione) con i motivi di Tabella 9, espansi secondo la Tabella 10. Sono stati quindi utilizzati un valore pari a **9,26 €/h/veicolo** per la breve distanza e **14,68 €/h/veicolo** per la lunga. Questi valori sono poi stati fatti crescere nel tempo, per tenere conto dell'aumento del GDP. In coerenza con il modello di simulazione, sono stati accresciuti del 2,45% nel 2025 rispetto al 2016 e del 3,42% nel 2035.

Per le merci occorre conteggiare sia la componente di costo orario medio per un camionista, che quello delle merci a bordo⁴. I valori delle linee guida di Regione Lombardia (2016), recenti e a loro volta basati su rilevazioni, suggeriscono un valore per tonnellata di merce è di 3,96 €, oltre ad un costo orario del guidatore di 16€/h o più in caso di diaria. Utilizzando un tasso di carico medio di 6,19 ton/camion, come da modello, di 0,4 ton/camion per i commerciali leggeri (MIT - Traspol, 2006), si ottiene un valore del tempo di **40,5 €/h/camion** per i veicoli pesanti e di **17,6 €/h/camion** per i leggeri. Similmente ai passeggeri, anche questi valori sono stati fatti crescere nel tempo con i medesimi coefficienti sopra riportati.

Poiché si tratta di una stima piuttosto alta, questo parametro sarà sottoposto ad analisi di sensitività e di rischio considerato il valore di 1€/h per tonnellata di merce, che dà 22,2 €/h/camion per i pesanti e di 16,4 €/h/camion per i leggeri. Come sempre, questi valori verranno sottoposti ad analisi di sensitività e di rischio.

⁴ Sulla stima di questo parametro la letteratura non è univoca: alcune linee guida (come quelle inglesi; DfT, 2010) suggeriscono di non attribuire alcun valore alle merci, altre suggeriscono valori alti (per esempio HEATCO, 2008) o addirittura inferiori ad 1€/h (linee guida francesi).

Sulla base delle assunzioni descritte nei punti precedenti, i valori del tempo utilizzati nell'analisi vengono riportati nella Tabella seguente:

Tabella 11 - Valori del tempo utilizzati nell'analisi.

	VOT per veicolo [€₂₀₁₆/veic]	VOT per veicolo [€₂₀₂₅/veic]	VOT per veicolo [€₂₀₃₅/veic]
Auto spostamenti breve	9,26	9,49	9,58
Auto spostamenti lunga	14,68	9,49	9,58
Veicoli commerciali leggeri	17,6	15,04	15,18
Veicoli commerciali pesanti	40,5	35,79	36,13

5.2.2 Costi operativi unitari

A differenza del valore del tempo, non è consigliabile effettuare ACB utilizzando i valori di costi operativi calibrati nel modello. Questo perché, come noto, nel trasporto privato vi è una minore percezione dei costi reali associati ad un km percorso. Oltre ai costi energetici dei carburanti, tipicamente, tutti i costi fissi annuali (assicurazione, olio, gomme, etc.) non sono associati al singolo km nelle scelte di viaggio, ma certamente corrispondono a risorse consumate e vanno quindi incluse nell'analisi. I costi di ammortamento dei veicoli sono, a loro volta, non percepiti nelle scelte, mentre almeno una parte delle percorrenze dovrebbe esserlo poiché la vita dell'auto (e quindi la frequenza con cui essa viene sostituita) dipendono almeno in parte dalle percorrenze e comunque corrispondono ad un consumo. Non si farà quindi riferimento ai costi percepiti, ma a quelli realmente generati dal singolo km.

Regione Lombardia (2016) per fare ciò associa convenzionalmente alle percorrenze il 50% dei costi di manutenzione e deprezzamento e il 100% dei pneumatici (e naturalmente dei carburanti), dopo averli corretti della componente di tassazione (20% per tutti tranne che per i carburanti, su cui le accise ad oggi contano per circa il 65% del prezzo alla pompa).

Noi manteniamo un approccio simile, distinguendo per semplicità (ma non concettualmente) i costi percepiti (il 100% dei consumi di carburanti, tolte le accise e l'IVA) da quelli non percepiti, calcolati come in Regione Lombardia. Per i consumi di carburante, utilizziamo la banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia di ISPRA, pesata sul Parco Veicolare ACI al 2015. Per i camion si utilizza il medesimo approccio, ma si traggono i costi unitari chilometrici dal monitoraggio periodico del Ministero delle Infrastrutture⁵.

I valori che si ottengono sono i seguenti.

⁵ Pubblicazione periodica dei costi di esercizio dell'impresa di autotrasporto per conto di terzi (Articolo 83 bis della legge 6 agosto 2008, n. 133 di conversione del decreto legge 25 giugno 2008, n. 112 e s.m.i.).

Tabella 12 - Stima dei costi operativi economici dei veicoli.

	VOC economici percepiti	Componenti	VOC economici non percepiti	Componenti
Auto	0,0383 €/km	Carburante	0,08 €/km	100% Pneumatici, 50% Manutenzione, 50% Deprezzamento
Veicoli Commerciali Leggeri	0,127 €/km	Carburante, 100% Pneumatici, 100% Manutenzione, 100% Deprezzamento 100%	0,0 €/km	
Veicoli Commerciali Pesanti	0,283 €/km	Carburante, 100% Pneumatici, 100% Manutenzione, 100% Deprezzamento 100%	0,0 €/km	

5.3 Esternalità

Nella quantificazione degli effetti esterni delle azioni di piano sono stati considerati tutti gli effetti normalmente considerati e per cui esiste una letteratura consolidata:

- Inquinamento atmosferico
- Cambiamento climatico
- Incidenti, sicurezza
- Rumore
- Consumo delle infrastrutture
- Effetti up- e downstream.

La quantificazione dei costi totali per le diverse voci si otterrà moltiplicando i coefficienti unitari elencati nei paragrafi successivi per la variazione di percorrenze chilometriche risultanti dalle simulazioni effettuate (si veda l'**Equazione 5**).

Non si è in questo capitolo considerata la **congestione**, poiché essa viene calcolata in termini di variazione di surplus come variazione complessiva dei tempi di viaggio. In altre parole, il calcolo del surplus dei consumatori su tutta la rete modellizzata comprende anche i risparmi di tempo dovuti alla decongestione della rete, e per questo motivo essa non compare tra le esternalità.

Per quanto riguarda i valori unitari degli altri costi esterni, si è fatto riferimento principalmente all'aggiornamento del manuale europeo sui costi esterni (Korzhenevych et al. 2014) contenente sia i valori specifici per l'Italia (è il caso dei costi unitari relativi a rumore, inquinamento atmosferico, consumo delle infrastrutture, incidentalità) che valori medi europei al 2010 (cambiamento climatico, consumo dell'infrastruttura ed effetti up- e downstream). Nello sviluppo dell'analisi tali valori sono stati aggiornati al 2016 attraverso un coefficiente pari a 1,07 che considera l'andamento dell'inflazione media in Italia nel periodo 2011 – 2016 o l'andamento del tasso di inflazione armonizzata media Europa nello stesso periodo.

Poiché le emissioni dipendono dal mix di veicoli nella flotta all'anno di riferimento (cioè quante auto a benzina <1.4 cc Euro 4, quante Euro 5, etc.) si è ipotizzato, dato il forte rinnovo del parco veicolare registrato negli ultimi anni a livello nazionale e considerando la spinta europea verso

motori meno inquinanti, una flotta “media” durante il periodo di analisi composta da soli veicoli Euro 5, pesati con l’attuale mix di cilindrata e alimentazioni.

Infine, la realizzazione dell’opera comporterà, per un periodo di tempo definito, effetti negativi sulla circolazione veicolare dovuti alla presenza dei cantieri che determineranno variazioni nelle sezioni stradali e conseguenti restrizioni sulle velocità consentite. Sebbene temporaneo, ciò rappresenta un’externalità per gli utenti dell’autostrada che occorre considerare nella valutazione complessiva dell’intervento. Questa componente è stata stimata in maniera analitica attraverso una simulazione apposita e che ha consentito il calcolo delle externalità ambientali.

5.3.1 Inquinamento atmosferico

La stima dei costi relativi all’inquinamento atmosferico considera l’impatto delle emissioni in atmosfera di una serie di inquinanti dannosi non solo per la salute (esiste, per esempio, per i PM10 e PM2,5 una forte legame tra densità di popolazione e livello di danno) ma anche per l’agricoltura, la biosfera e per gli edifici. I costi sociali sono stati calcolati a partire dai valori unitari chilometrici per l’Italia indicati in Korzhenevych et al. (2014) che fornisce il costo marginale differenziato per tipologia di veicolo e contesto di riferimento considerando le emissioni di PM2,5, COVNM, SO2 ed NOx. Questi valori vengono aggregati, pesandoli sul parco veicolare attualmente circolante in Italia desunto dall’annuario statistico ACI e assumendo che il veicolo “medio” del 2025 sarà un EURO5. La Tabella 13 fornisce i valori per veicoli pesanti e leggeri utilizzati.

Tabella 13 - Costi marginale sociale dell'inquinamento atmosferico (Fonte: nostra elaborazione su valori Korzhenevych et al. (2014) dati in € 2010 aggiornati al 2016, pesati sulla flotta ACI)

Inquinamento atmosferico [€/vkm]	Urban	Suburban	Interurban	Motorway
Leggeri (auto)	0,54	0,32	0,24	0,24
Commerciali leggeri	1,21	0,80	0,60	0,60
Commerciali pesanti	5,71	4,41	2,4	1,48

5.3.2 Cambiamento climatico

La stima dei costi in termini di cambiamenti climatici considera l’impatto delle emissioni di gas serra (anidride carbonica CO2, ossido di azoto N2O e metano CH4) sul riscaldamento globale. Poiché l’impatto delle emissioni ha ripercussioni a livello globale e quindi risulta indifferente al caso nazionale considerato, si è optato per l’utilizzo dei valori medi europei indicati in Korzhenevych et al. (2014), aggiornati al 2016. Tale dato mantiene tuttavia la differenziazione in base al contesto di emissione, poiché i consumi sono differenti nei diversi cicli di guida.

Tabella 14 - Costo marginale sociale del cambiamento climatico (Fonte: nostra elaborazione su valori Korzhenevych et al. (2014) dati in € 2010 aggiornati al 2016)

Cambiamento climatico [€/vkm]	Urban	Rural	Motorway
Leggeri (auto)	2,50	1,54	1,64
Commerciali leggeri	3,06	1,86	2,57
Commerciali pesanti	6,45	4,83	4,38

5.3.3 Incidenti e sicurezza

All'interno di tale categoria di costo esterno sono inclusi i costi sociali legati agli incidenti sull'infrastruttura non coperti dai premi assicurativi (perdita di produzione, costi amministrativi, danni materiali, etc.), pertanto il livello del costo è determinato non solo dal numero di sinistri ma anche dalle caratteristiche del sistema assicurativo attraverso il quale è possibile internalizzare parte del costo (Korzhenevych et al., 2014).

Come nel caso precedente, sono stati utilizzati i valori medi europei indicati in Korzhenevych et al. (2014), aggiornati al 2016. In questo caso, il contesto d'analisi ricopre un ruolo determinante dal momento che negli ambiti urbani vi è la più alta probabilità di incidenti, sebbene di entità statisticamente minore.

Tabella 15 - Costo marginale sociale dell'incidentalità (Fonte: nostra elaborazione su valori Korzhenevych et al. (2014) dati in € 2010 aggiornati al 2016)

Incidentalità [€/vkm]	Autostrada	Altre strade non urbane	Strade urbane
Leggeri (auto)	0,11	0,21	0,64
Commerciali leggeri	2,24	1,07	4,27
Commerciali pesanti	2,24	1,07	4,27

Tale dato consente una quantificazione sulla base della variazione di percorrenza previste con e senza il progetto per modo di trasporto e tipologia di infrastruttura. In alternativa, noto il valore disaggregato di incidenti per gravità (morti, feriti gravi e feriti leggeri), sarebbe possibile utilizzare il costo sociale medio degli incidenti stradali per tipologia, fornito per l'Italia in Korzhenevych et al. (2014).

Tabella 16 - Costi sociali medi per l'incidentalità in Italia (Fonte: nostra elaborazione su valori Korzhenevych et al. (2014) dati in € 2010 aggiornati al 2016)

Tipologia incidente	Costo [€/persona]
Morte	2.055.603
Feriti gravi	2.641.38
Feriti leggeri	20.170

E' opportuno notare che l'applicazione del primo set di valori €/cent/vkm, Tabella 15, è più semplice, ma potrebbe portare a stime errate. Ad esempio, l'incidentalità in autostrada può essere molto diversa dalla media in funzione delle caratteristiche geometriche. Dunque un'autostrada recente e correttamente progettata potrebbe avere tassi di incidentalità reali diversi (inferiori) rispetto a quelli medi della tipologia di strada.

5.3.4 Rumore

Il rumore da traffico non si traduce semplicemente in un disturbo, ma può determinare anche danni alla salute e perdita di produttività condizionando anche il tempo libero. Negli ultimi anni, a seguito della crescente urbanizzazione e dell'incremento del traffico, il peso di tale esternalità è aumentato notevolmente. L'impatto non dipende solo dal luogo delle emissioni, ma anche dal momento del periodo del giorno (nelle ore notturne il costo è maggiore), dall'intensità del traffico, dal modo di trasporto e dalle caratteristiche tecniche dei mezzi utilizzati.

I costi sociali qui utilizzati sono stati calcolati a partire dai valori per l'Italia indicati in Korzhenevych et al. (2014) che fornisce il costo marginale differenziato per tipologia di veicolo, contesto di riferimento, caratteristiche del traffico e momento del giorno. Per quanto riguarda il momento della giornata, in assenza di simulazioni differenziate per orario, si è considerato un valore medio mentre è stata mantenuta la distinzione relativa alla densità di traffico.

Tabella 17 - Costo marginale sociale del rumore (Fonte: nostra elaborazione su valori Korzhenevych et al. (2014) dati in € 2010 aggiornati al 2016)

Rumore [€ct/vkm]	Traffic type	Urban	Suburban	Rural
Leggeri (auto)	Denso	1,34	0,07	0,01
Leggeri (auto)	Scarso	3,25	0,21	0,03
Commerciali leggeri	Denso	9,51	0,53	0,08
Commerciali leggeri	Scarso	23,06	1,49	0,17
Commerciali pesanti	Denso	6,70	0,37	0,06
Commerciali pesanti	Scarso	16,25	1,05	0,12

5.3.5 Consumo delle infrastrutture

L'esternalità *consumo delle infrastrutture* tiene conto della spesa per manutenzione e riparazione indotta da un'unità di traffico. Tale effetto varia in base al tipo di strada e alla classe di veicoli con un maggior impatto dei pesanti. Si tratta a tutti gli effetti di un'esternalità perché, con l'esclusione delle autostrade, gli automobilisti non percepiscono il costo generato dal loro passaggio sulle infrastrutture non pedaggiate.⁶

I costi sociali sono stati calcolati utilizzando i valori medi europei indicati in Korzhenevych et al. (2014) differenziati per tipologia di veicolo e contesto di riferimento ed aggiornati al 2016.

Tabella 18 - Costo marginale sociale dovuto al consumo dell'infrastruttura (Fonte: nostra elaborazione su valori Korzhenevych et al. (2014) dati in € 2010 aggiornati al 2016)

Consumo infrastruttura [€ct/vkm]	All roads	Motorway	Other trunk roads	Other roads
Leggeri (auto)	0,64	0,32	0,43	0,96
Commerciali leggeri	0,85	0,43	0,53	1,39
Commerciali pesanti	3,16	1,30	2,22	17,54

La classificazione per tipo d'infrastruttura deriva dal sistema tedesco ed è legata principalmente alla quota di mezzi pesanti circolanti. Con "other trunk roads" si considerano le strade federali o quelle comunali con una quota di mezzi pesanti tra il 3 - 6% mentre con "other roads" si intendono le strade comunali o quelle di distretto con una quota di pesanti pari o inferiore al 3%.

⁶ Poiché nell'analisi (Capitolo 4) si è introdotto anche il costo di manutenzione delle nuove infrastrutture di progetto, per esse (e solo per esse) si introduce un doppio conteggio. Cioè il costo sociale della manutenzione stradale è calcolato esplicitamente tra i costi di manutenzione e come esternalità qui. Tuttavia, essendo quella in progetto una quota minima della rete totale (e peraltro un ampliamento), si ritiene che l'entità del doppio conteggio sia irrilevante e comunque in favore di sicurezza.

5.3.6 Effetti up- e downstream

Tale tipologia di costo considera le esternalità dovute ai processi di produzione dell'energia, dei veicoli e delle infrastrutture di trasporto. In particolare tiene conto degli effetti ambientali legati al processo di estrazione dell'energia (carburante) incluso il trasporto e la trasmissione. Questo valore è dunque legato alla quantità consumata pertanto occorre tener conto dei diversi contesti che comportano diverse velocità e quindi consumi. In aggiunta, gli effetti up- e downstream considerano gli effetti negativi legati al processo di produzione, manutenzione e smaltimento dei veicoli così come di quelli associati alla costruzione, manutenzione ed eventuale rimozione dell'infrastruttura, a loro volta correlati con le percorrenze.

I costi sociali sono stati calcolati utilizzando i valori medi europei indicati in Korzhenevych et al. (2014) differenziati per tipologia di veicolo e contesto di riferimento ed aggiornati al 2016.

Tabella 19 - Costo marginale sociale dovuto ai processi up- and downstream (Fonte: nostra elaborazione su valori Korzhenevych et al. (2014) dati in € 2010 aggiornati al 2016)

Up And Downstream Processes [€ct/vkm]	Urban	Rural	Motorway
Leggeri (auto)	1,18	0,72	0,82
Commerciali leggeri	1,33	0,79	1,19
Commerciali pesanti	6,45	4,83	4,38

5.3.7 Ipotesi di contesto per la costruzione dei costi esterni da applicare ai risultati del modello

Si riporta infine nella Tabella 20 la corrispondenza tra i contesti derivanti dal modello di traffico per i quali sono stati forniti i risultati delle simulazioni e i valori parametrici di esternalità di cui alle tabelle precedenti classificati secondo contesto e tipo di traffico.

Tabella 20 - Ipotesi su contesti di emissione relativi agli ambiti forniti dal modello

Contesto	Sub-contesto	Traffico rumore	Contesto rumore	Contesto inquinamento	Contesto consumo infrastrutture	Contesto cambiamento climatico	Contesto incidentalità	Contesto UP & Downstream
Autostrada	senza A14 BO	Denso	Suburban	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada
Autostrada	senza A14 BO	Denso	Suburban	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada
Autostrada	A14 BO	Denso	Urban	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada
Autostrada	A14 BO	Denso	Urban	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada
Tangenziale		Denso	Urbano	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada
Tangenziale		Denso	Urbano	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada	Autostrada
Rete ordinaria	Urbana	Denso	Urbano	Urbano	Tutte	Urbano	Urbano	Urbano
Rete ordinaria	Urbana	Denso	Urban	Urbano	Tutte	Urbano	Urbano	Urbano
Rete ordinaria	Extraurbana	Scarso	Rurale	Interurbano	OTR	Rurale	ONUR	Rurale
Rete ordinaria	Extraurbana	Scarso	Rurale	Interurbano	OTR	Rurale	ONUR	Rurale

NOTA: OTR = altre strade principali trunk roads; ONUR= altre strade non urbane).

NOTA: AUTOSTRADA A14 BO comprende il tratto di A14 dall'Inteconnessione con l'A1 allo svincolo di San Lazzaro, compreso il ramo Casalecchio; AUTOSTRADA senza A14 BO comprende tutta la restante rete autostradale; AUTOSTRADA comprende tutta la rete autostradale.

5.3.8 Gli impatti della fase di costruzione

Durante la fase di costruzione, la tangenziale e la tratta di A14 interessata dall'intervento vedranno la presenza dei cantieri tali da determinare effetti negativi sulla circolazione veicolare, dovuti a limitazione della larghezza delle carreggiate e conseguente imposizione di restrizioni alla velocità.

Spea ha fornito una simulazione al 2020 per tener conto dell'impatto dei cantieri. In particolare la simulazione ha considerato uno scenario programmatico al 2020 (ipotizzando un tasso di crescita lineare tra 2016 e 2025) introducendo sulla tangenziale (che vede una riduzione della larghezza della corsia a 3.30 m) un limite di 70 km/h tra S3 svincolo 3 (Interconnessione con il Ramo Verde) e lo svincolo 13 di S. Lazzaro di Savena e sulla A14 (che vede una riduzione a 2 corsie ma sempre da 3.50 m come oggi) un limite di 100 km/h tra il Raccordo Casalecchio di Reno e Bologna San Lazzaro.

Gli impatti ambientali diretti di cantiere sono stati stimati a partire dal valore della variazione di percorrenze e tempi di viaggio tra scenario programmatico e progettuale di cantiere al 2020 come da simulazioni di Spea. Per la stima delle esternalità ambientali del cantiere sono stati utilizzati i coefficienti unitari riportati nel paragrafo 5.3 moltiplicati per la variazione di percorrenza chilometriche, mentre il surplus durante la fase di cantiere deriva dal prodotto tra i valori del tempo indicati nel paragrafo 5.2.1 e la variazione dei tempi di percorrenza come stimati da Spea nello scenario con cantiere. In particolare è stata assunta una fase di cantiere con effettivo impatto sulla viabilità per una durata di 36 mesi.

Si è assunta una suddivisione del cantiere secondo 3 tratte non sempre in sovrapposizione pertanto, a partire dai macroindicatori, sono state effettuate alcune ipotesi relative alla coesistenza o meno dei cantieri lungo la tratta di studio per riproporzionare gli impatti in maniera coerente. Nello specifico:

- dal mese 1 al mese 17 il cantiere delle tre tratte è contemporaneo e quindi l'impatto (rapportato ai mesi) corrisponde è quello stimato al 2020;
- dal mese 18 al mese 27 il cantiere è su due sole tratte e quindi l'impatto è indicativamente pari ai due terzi (rapportato ai mesi) della previsione 2020;
- dal mese 28 al mese 36 il cantiere è su una sola tratta e quindi l'impatto è indicativamente pari a 1/3 (rapportato ai mesi) rispetto al dato 2020.

Si sottolinea come, in generale, la presenza dei cantiere determini ulteriori esternalità negative per la società dovuti alle varie lavorazioni previste (per esempio le percorrenze dei mezzi di cantiere, le emissioni inquinanti legate al processo di produzione dei materiali, le polveri, etc). Tali effetti non sono stati considerati nell'analisi per la quale sono stati calcolati solo le variazioni di surplus ed esternalità determinati dalle limitazioni previste nel periodo di costruzione, soprattutto in considerazione che misure di mitigazione sono previste in conformità alle prescrizioni della VIA (e congruamente valorizzate nel quadro economico di progetto).

Tabella 21 - Confronto percorrenze al 2020 tra scenario progettuale e programmatico con presenza cantieri (Fonte: modello SPEA, studio di traffico).

INDICATORE	2020								Diff. Ass.
	Programmatico				Progettuale				
	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	
VEICOLI * CHILOMETRO (VEICKM/ANNO)									
VxKm leggeri AUTOSTRADA senza A14 BO	3.611	9.295.666	14.165.579.854	14.174.875.520	3.611	8.788.114	14.131.388.950	14.140.177.064	-34.698.456
VxKm pesanti AUTOSTRADA senza A14 BO	3.611			8.753.569.213	3.611			8.743.211.916	-10.357.297
<i>VxKm totali AUTOSTRADA senza A14 BO</i>	<i>3.611</i>			<i>22.928.444.732</i>	<i>3.611</i>			<i>22.883.388.980</i>	<i>-45.055.753</i>
VxKm leggeri AUTOSTRADA A14 BO	35	7.019.757	552.722.949	559.742.706	35	638.295	485.087.067	485.725.362	-74.017.344
VxKm pesanti AUTOSTRADA A14 BO	35			182.956.692	35			174.958.099	-7.998.593
<i>VxKm totali AUTOSTRADA A14 BO</i>	<i>35</i>			<i>742.699.397</i>	<i>35</i>			<i>660.683.460</i>	<i>-82.015.937</i>
VxKm leggeri AUTOSTRADA	3.646	16.315.422	14.718.302.803	14.734.618.225	3.646	9.426.409	14.616.476.017	14.625.902.425	-108.715.800
VxKm pesanti AUTOSTRADA	3.646			8.936.525.904	3.646			8.918.170.015	-18.355.890
<i>VxKm totali AUTOSTRADA</i>	<i>3.646</i>			<i>23.671.144.130</i>	<i>3.646</i>			<i>23.544.072.440</i>	<i>-127.071.690</i>
VxKm leggeri TANGENZIALE	41	243.520.652	319.312.969	562.833.621	41	211.524.985	329.530.754	541.055.739	-21.777.882
VxKm pesanti TANGENZIALE	41			80.969.366	41			73.843.462	-7.125.904
<i>VxKm totali TANGENZIALE</i>	<i>41</i>			<i>643.802.987</i>	<i>41</i>			<i>614.899.201</i>	<i>-28.903.785</i>
VxKm leggeri RETE ORDINARIA URBANA	2.324	963.593.792	1.805.660.952	2.769.254.743	2.324	985.970.968	1.845.490.106	2.831.461.074	62.206.331
VxKm pesanti RETE ORDINARIA URBANA	2.324			495.537.684	2.324			504.961.285	9.423.600
<i>VxKm totali RETE ORDINARIA URBANA</i>	<i>2.324</i>			<i>3.264.792.427</i>	<i>2.324</i>			<i>3.336.422.359</i>	<i>71.629.931</i>
VxKm leggeri RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.879	1.111.864.877	6.730.801.000	7.842.665.877	7.879	1.108.882.401	6.784.780.481	7.893.662.882	50.997.005
VxKm pesanti RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.879			2.505.609.536	7.879			2.515.149.629	9.540.093
<i>VxKm totali RETE ORDINARIA EXTRAURBANA</i>	<i>7.879</i>			<i>10.348.275.413</i>	<i>7.879</i>			<i>10.408.812.511</i>	<i>60.537.098</i>
VxKm leggeri RETE ORDINARIA	10.203	2.075.458.669	8.536.461.952	10.611.920.621	10.203	2.094.853.369	8.630.270.588	10.725.123.957	113.203.336
VxKm pesanti RETE ORDINARIA	10.203			3.001.147.220	10.203			3.020.110.913	18.963.693
<i>VxKm totali RETE ORDINARIA</i>	<i>10.203</i>			<i>13.613.067.841</i>	<i>10.203</i>			<i>13.745.234.870</i>	<i>132.167.029</i>
VxKm leggeri RETE COMPLESSIVA	13.889,9	2.335.294.743	23.574.077.724	25.909.372.467	13.889,9	2.315.804.763	23.576.277.358	25.892.082.121	-17.290.346
VxKm pesanti RETE COMPLESSIVA	13.889,9			12.018.642.490	13.889,9			12.012.124.390	-6.518.100
<i>VxKm totali RETE COMPLESSIVA</i>	<i>13.890</i>			<i>37.928.014.957</i>	<i>13.890</i>			<i>37.904.206.511</i>	<i>-23.808.446</i>

NOTE:
 "AUTOSTRADA A14 BO" comprende il tratto di A14 dall'Interconnessione con l'A1 allo svincolo di San Lazzaro, compreso il ramo Casalecchio, la tratta A13 Arcoveggio- All. A14 e le rampe autostradali sino all'interconnessione con la rete ordinaria e con la tangenziale nei 4 caselli di interconnessione.
 "AUTOSTRADA senza A14 BO" comprende tutta la restante rete autostradale.
 "AUTOSTRADA" comprende tutta la rete autostradale.
 "TANGENZIALE" comprende la tratta Casalecchio-San Lazzaro, il Ramo Verde, le complanari Nord e Sud da San Lazzaro a Ponte Rizzoli e le rampe della tangenziale sino all'interconnessione con la rete ordinaria.

Tabella 22 - Confronto tempi di viaggio al 2020 tra scenario progettuale e programmatico (Fonte: modello SPEA, studio di traffico).

INDICATORE	2025								Diff. Ass.
	Programmatico				Progettuale				
	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	Estesa (km)	<=18km	>18km	Totale	
TEMPO TOTALE (ORE/ANNO)									
Tempo Tot leggeri AUTOSTRADA senza A14 BO	3.643	86.477	131.399.426	131.485.903	3.643	112.598	131.375.357	131.487.955	2.052
Tempo Tot pesanti AUTOSTRADA senza A14 BO	3.643			77.930.339	3.643			77.900.358	-29.981
<i>Tempo Tot totali AUTOSTRADA senza A14 BO</i>	<i>3.643</i>			<i>209.416.242</i>	<i>3.643</i>			<i>209.388.313</i>	-27.929
Tempo Tot leggeri AUTOSTRADA A14 BO	35	119.856	6.909.364	7.029.221	35	24.920	6.007.894	6.032.814	-996.407
Tempo Tot pesanti AUTOSTRADA A14 BO	35			2.259.397	35			2.091.093	-168.304
<i>Tempo Tot totali AUTOSTRADA A14 BO</i>	<i>35</i>			<i>9.288.617</i>	<i>35</i>			<i>8.123.907</i>	-1.164.710
Tempo Tot leggeri AUTOSTRADA	3.678	206.333	138.308.790	138.515.123	3.678	137.518	137.383.251	137.520.769	-994.355
Tempo Tot pesanti AUTOSTRADA	3.678			80.189.736	3.678			79.991.451	-198.285
<i>Tempo Tot totali AUTOSTRADA</i>	<i>3.678</i>			<i>218.704.859</i>	<i>3.678</i>			<i>217.512.220</i>	-1.192.640
Tempo Tot leggeri TANGENZIALE	46	6.277.969	9.797.003	16.074.972	47	6.041.295	10.030.678	16.071.973	-2.999
Tempo Tot pesanti TANGENZIALE	46			2.417.348	47			2.226.441	-190.907
<i>Tempo Tot totali TANGENZIALE</i>	<i>46</i>			<i>18.492.321</i>	<i>47</i>			<i>18.298.414</i>	-193.907
Tempo Tot leggeri RETE ORDINARIA URBANA	2.321	31.863.217	49.360.423	81.223.641	2.322	30.289.436	48.732.469	79.021.906	-2.201.735
Tempo Tot pesanti RETE ORDINARIA URBANA	2.321			15.329.188	2.322			15.113.437	-215.751
<i>Tempo Tot totali RETE ORDINARIA URBANA</i>	<i>2.321</i>			<i>96.552.828</i>	<i>2.322</i>			<i>94.135.343</i>	-2.417.485
Tempo Tot leggeri RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.926	28.759.587	142.750.746	171.510.333	7.944	28.300.466	142.629.985	170.930.452	-579.881
Tempo Tot pesanti RETE ORDINARIA EXTRAURBANA	7.926			52.230.910	7.944			52.190.463	-40.447
<i>Tempo Tot totali RETE ORDINARIA EXTRAURBANA</i>	<i>7.926</i>			<i>223.741.243</i>	<i>7.944</i>			<i>223.120.915</i>	-620.329
Tempo Tot leggeri RETE ORDINARIA	10.246	60.622.804	192.111.169	252.733.974	10.265	58.589.903	191.362.455	249.952.357	-2.781.616
Tempo Tot pesanti RETE ORDINARIA	10.246			67.560.098	10.265			67.303.900	-256.198
<i>Tempo Tot totali RETE ORDINARIA</i>	<i>10.246</i>			<i>320.294.071</i>	<i>10.265</i>			<i>317.256.257</i>	-3.037.814
Tempo Tot leggeri RETE COMPLESSIVA	13.970,3	67.107.107	340.216.962	407.324.069	13.990,0	64.768.715	338.776.383	403.545.099	-3.778.970
Tempo Tot pesanti RETE COMPLESSIVA	13.970,3			150.167.182	13.990,0			149.521.792	-645.390
<i>Tempo Tot totali RETE COMPLESSIVA</i>	<i>13.970</i>			<i>557.491.251</i>	<i>13.990</i>			<i>553.066.891</i>	-4.424.360

NOTE:
 "AUTOSTRADA A14 BO" comprende il tratto di A14 dall'Interconnessione con l'A1 allo svincolo di San Lazzaro, compreso il ramo Casalecchio, la tratta A13 Arcoveggio- All. A14 e le rampe autostradali sino all'interconnessione con la rete ordinaria e con la tangenziale nei 4 caselli di interconnessione.
 "AUTOSTRADA senza A14 BO" comprende tutta la restante rete autostradale.
 "AUTOSTRADA" comprende tutta la rete autostradale.
 "TANGENZIALE" comprende la tratta Casalecchio-San Lazzaro, il Ramo Verde, le complanari Nord e Sud da San Lazzaro a Ponte Rizzoli e le rampe della tangenziale sino all'interconnessione con la rete ordinaria.

6 RISULTATI

Nel seguito vengono presentati i risultati della costi-benefici, seguiti dalle analisi di sensitività e di rischio che consentono di valutarne la "robustezza" rispetto ad una serie di variabili critiche i cui valori potrebbero determinare una variazione del risultato finale.

6.1 Stima del surplus collettivo

6.1.1 Componente surplus degli utenti

La voce principale di beneficio riguarda, naturalmente, il risparmio di tempo per gli utenti e il complesso degli effetti di rete simulati dal modello SPEA sul resto della rete, mentre la variazione dei costi operativi dei veicoli risulta, in questo particolare caso di ampliamento in sede, di entità minima. Il piccolo beneficio calcolato è attribuibile alla scelta di percorsi più diretti grazie alla minore congestione sulla rete.

Tabella 23 - Benefici diretti (costi operative e tempi) degli utenti

	Totale non attualizzato
Variazione surplus utenti (inclusa congestione)	1.819,2
di cui variazione costi operativi percepiti (economici)	15,0
di cui variazione costi operativi non percepiti (economici)	17,1
di cui variazione risparmi di tempo	1.787,1

La Figura 2 mostra come il valore annuo dei benefici dai risparmi di tempo cresca nei primi anni per poi rimanere costante oltre il 2035, secondo l'ipotesi di domanda costante fino al termine dell'orizzonte di analisi. In generale, le simulazioni per i due orizzonti temporali evidenziano una riduzione generale dei tempi su tutta la rete che include sia le tratte autostradali che la rete ordinaria.



Figura 2 - Andamento dei benefici da risparmio di tempo durante l'orizzonte di analisi

Per quanto riguarda l'evoluzione dei costi operativi, la Figura 3 mostra un iniziale aumento nei primi anni di esercizio – e dunque un piccolo extracosto – mentre dal 2027 in avanti le minor percorrenze complessive dello scenario 2035 sulle tratte considerate determinano un beneficio dovuto alla riduzione dei costi operativi.

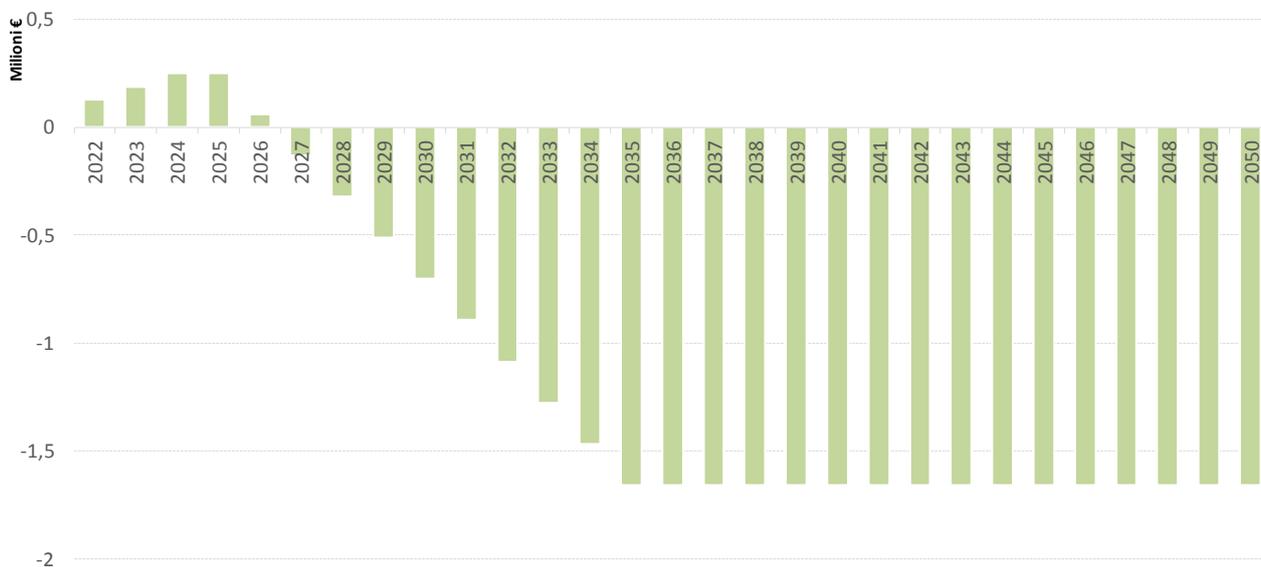


Figura 3 - Andamento dei costi operativi nell'orizzonte di analisi (€2016)

Guardando alle diverse sotto-reti simulate, si può notare come l'intervento riduca i costi dei passeggeri principalmente sulla rete ordinaria ed autostradale ed in misura molto minore sulla tangenziale. Ciò naturalmente non è dovuto ad un peggioramento delle condizioni sulla tangenziale, ma ad un maggior numero di veicoli su di essa grazie all'aumento di capacità determinata dal progetto. In altre parole, vi è uno spostamento di percorrenze dalla rete ordinaria verso quelle veloci, ma queste percorrenze aggiuntive sono addirittura compensate dai risparmi di tempo su quella autostradale.

Tra passeggeri e merci, la prima categoria risulta la più beneficiata in termini aggregati, con circa due terzi dei benefici, più o meno equamente distribuiti tra breve e media-lunga percorrenza.

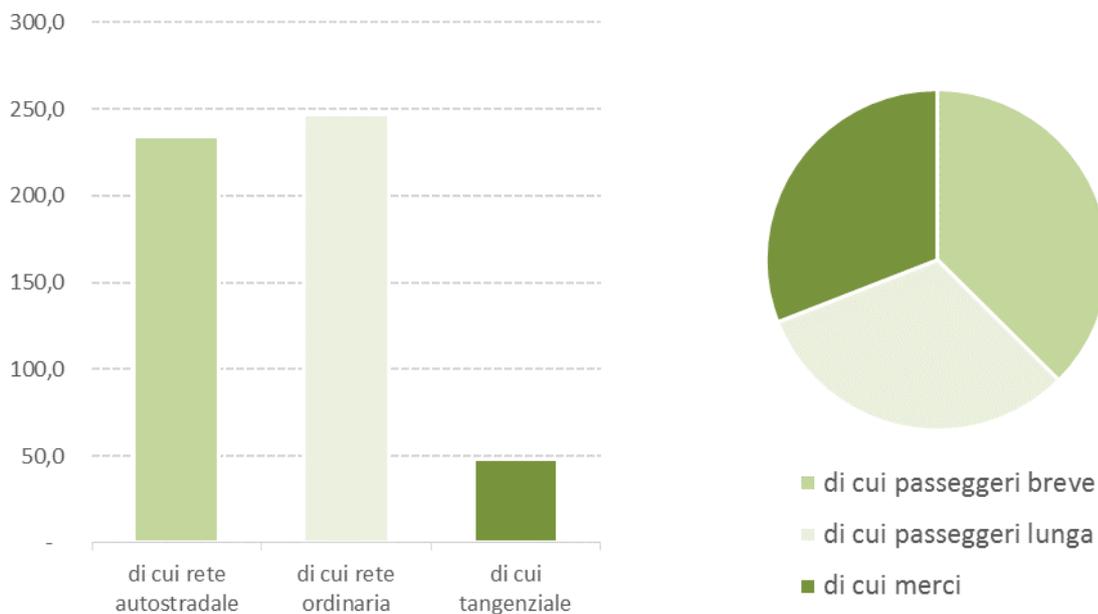


Figura 4 - Ripartizione dei benefici tra tipologie stradali e merci/passeggeri.

Gli altri effetti positivi dell'opera riguardano le esternalità, con un beneficio, minore rispetto ai precedenti, riconducibile alle minori percorrenze e alla minore incidentalità.

6.1.2 Componente impatto del cantiere

Per quanto riguarda il periodo del cantiere, la tabella successiva riporta l'entità del costo subito dagli utenti della rete. L'impatto principale è relativo agli aumenti di tempi di percorrenza che a loro volta interessano principalmente gli utenti della rete ordinaria sulla quale si riversa parte del traffico come conseguenza delle restrizioni imposte sulla tangenziale e sul tratto di A14 urbana. L'apparente beneficio degli utenti dell'autostrada non è tale, ma è dovuto all'inferiore numero assoluto di veicoli.

	Totale non attualizzato
Variazione surplus utenti per cantiere (inclusa congestione)	- 247,2
di cui variazione costi operativi percepiti (economici)	5,9
di cui variazione costi operativi non percepiti (economici)	3,1
di cui variazione risparmi di tempo	- 256,2

Tabella 24 - Benefici diretti (costi operative e tempi) degli utenti durante il cantiere

Anche in questo caso la categoria più impattata è quella delle auto, in particolare quelle su relazioni di lunga percorrenza. Ciò è dovuto all'assenza per essi di alternative all'autostrada, mentre per la domanda locale è possibile trovare percorsi sub-ottimali alternativi.

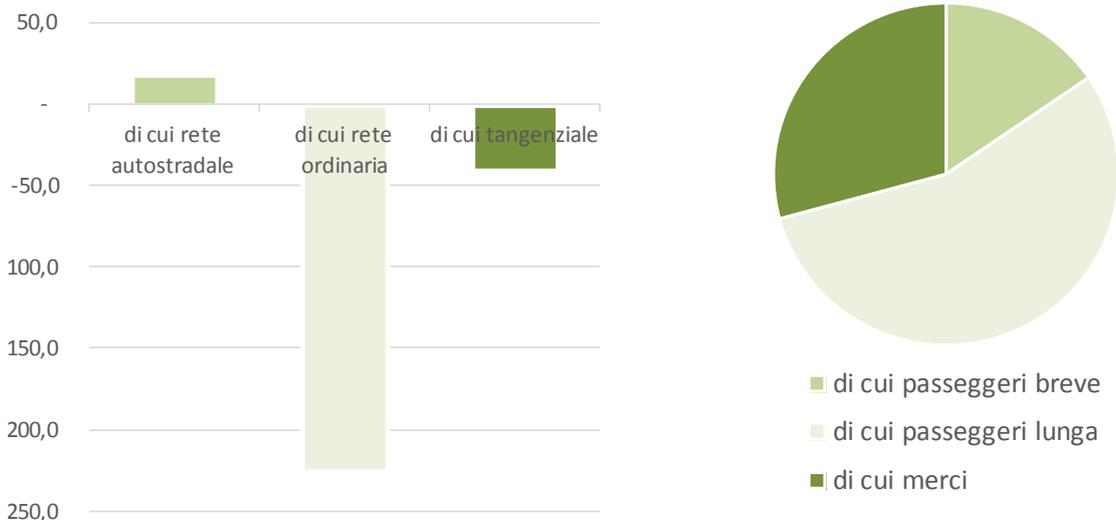


Figura 5 - Ripartizione dei benefici tra tipologie stradali e merci/passeggeri

In termini di andamento, la variazione di surplus e di esternalità ambientali determinate dalle restrizioni in fase di cantiere risultano decrescenti sulla base delle intensità di lavorazioni effettuate. I valori sono stati calcolati a partire dalla simulazione al 2020 relativa alle variazioni di tempi di percorrenza e di chilometri percorsi dall'utenza considerando i valori di tempi e costi esterni unitari descritti nei paragrafi precedenti (si veda sezioni 5.2.1 e 5.2.2).

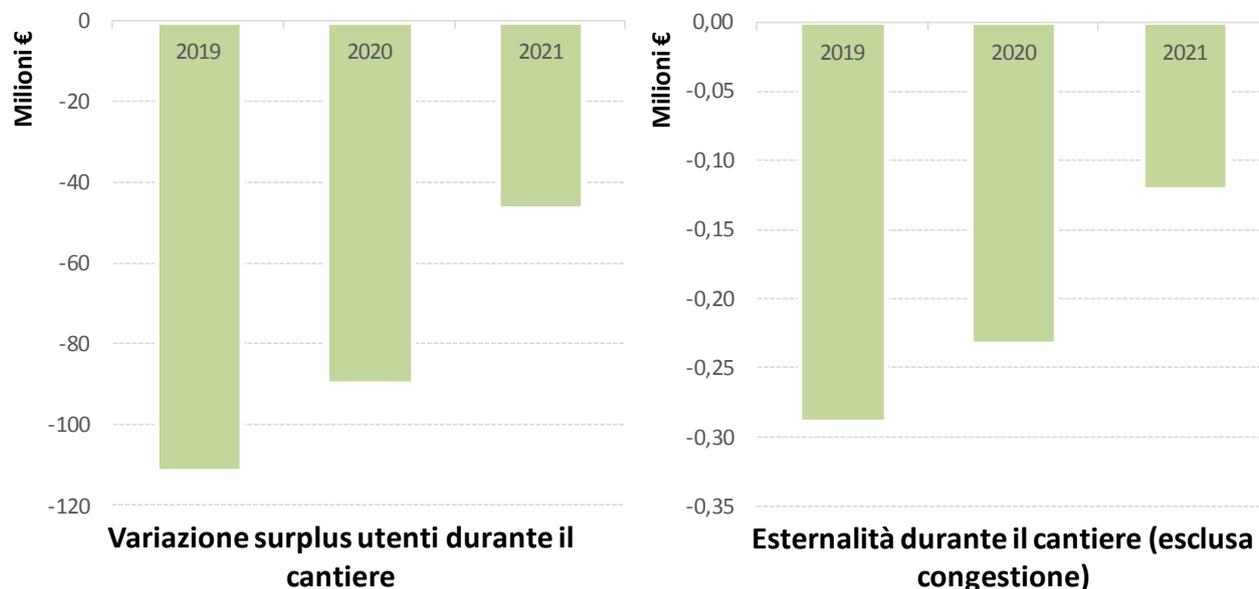


Figura 6 - Andamento surplus ed esternalità ambientali durante il cantiere

6.1.3 Componente esternalità ambientali

L'intervento sull'area di Bologna prevede non solo adeguamenti della rete autostradale ma anche di quella ordinaria attraverso la realizzazione di una serie di opere orientate a migliorare lo stato di fatto riducendo criticità puntuali o aumentandone il livello di servizio intervenendo sulle

caratteristiche geometriche delle infrastrutture. Tutto ciò si traduce in un diverso uso della rete grazie ai nuovi percorsi disponibili, che possono influire sulle scelte dell'utenza con conseguente variazione degli impatti del traffico veicolare in termini di costi esterni generati.

In generale, il progetto presenta una riduzione dei costi esterni per tutte le tipologie considerate e in tutti gli anni di analisi. Questo effetto positivo è dovuto alla riorganizzazione dei percorsi sulla rete nel 2025, nonostante il contenuto aumento delle percorrenze (Tabella 1). Al contrario, nel 2035 si registra un calo generalizzato e più marcato dei valori (Tabella 2) sia per effetto dei percorsi che della riduzione di percorrenze rispetto al programmatico. Tale valore è stato mantenuto costante fino all'ultimo anno di analisi.

Minori percorrenze dovute, per esempio, a scelte di percorsi più diretti resi possibili anche dal minor livello di congestione si traducono non solo in una quantità di inquinanti emessi più bassa (Figura 7) ma anche nella minor possibilità di incidenti sulla rete (Figura 8), da cui un ulteriore beneficio.

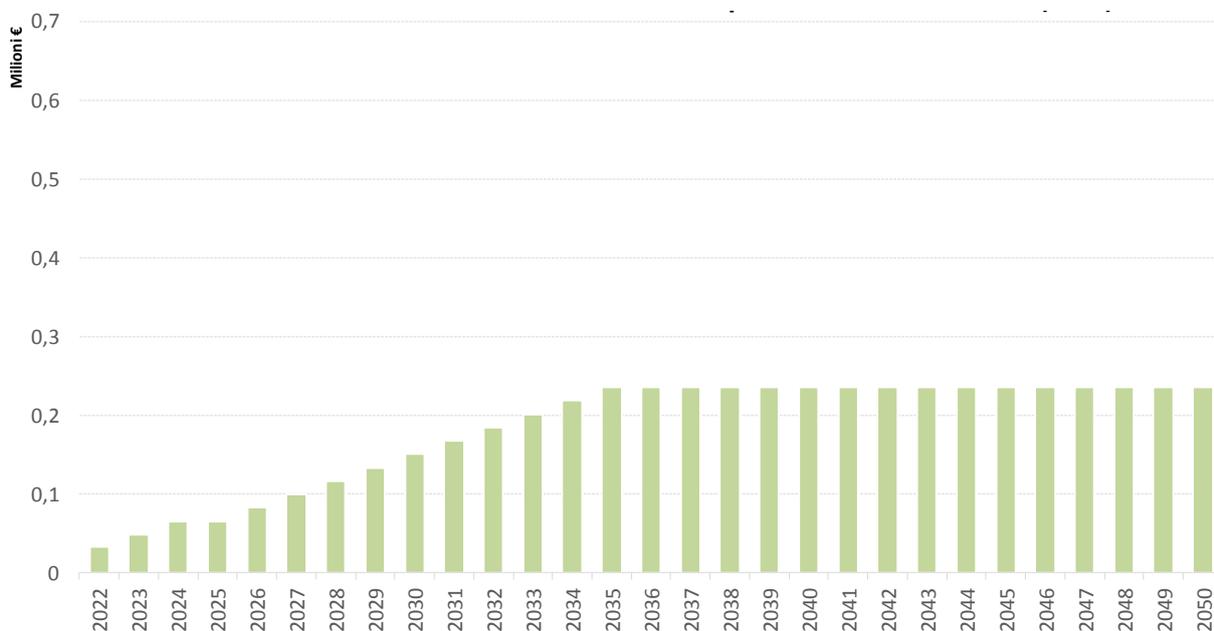


Figura 7 - Trend evolutivo dei benefici dovuti alla riduzione dell'inquinamento atmosferico (€2016)

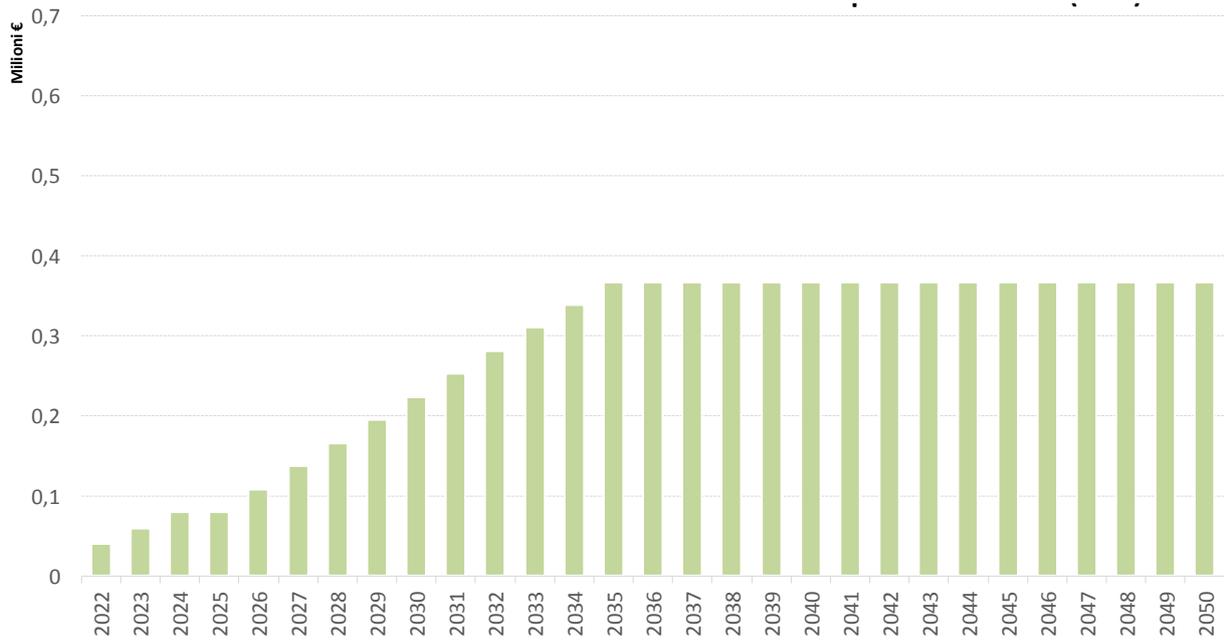


Figura 8 - Trend evolutivo dei benefici dovuti alla riduzione dell'incidentalità

Per quanto riguarda il rumore (Figura 9), sono stati utilizzati i valori più stringenti dei coefficienti unitari per tener conto del particolare contesto in cui si inserisce l'opera, cioè un ambito urbano (quindi prossimo ai recettori) con un livello di traffico denso per la coesistenza di breve e lunga percorrenza. Nonostante ciò il progetto determina un beneficio anche per quanto riguarda la voce rumore in virtù delle minori percorrenze.



Figura 9 - Trend evolutivo dei benefici dovuti alla riduzione dell'esternalità rumore (€2016)

Come per le emissioni inquinanti, le minor percorrenze si traducono anche in un più basso livello di gas clima alteranti determinando quindi un beneficio (Figura 10).

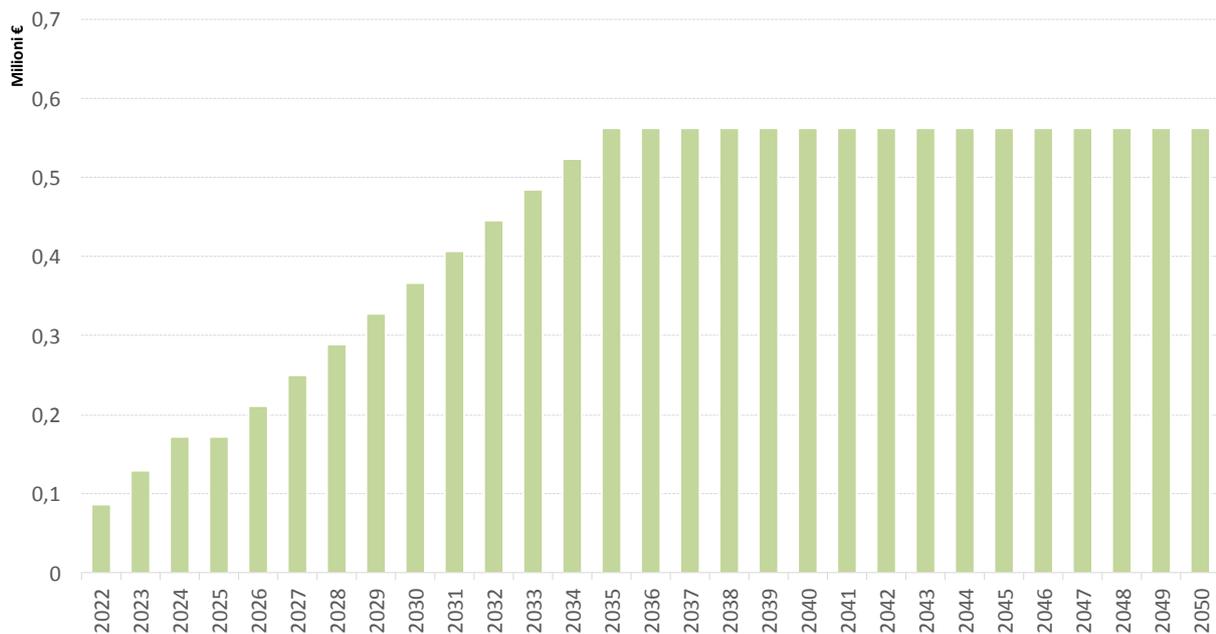


Figura 10 - Trend evolutivo dei benefici dovuti alla riduzione dell'esternalità climate change (€2016)

Infine, la voce di esternalità up&downstream (Figura 11) che tiene conto degli effetti ambientali legati al processo di estrazione dell'energia (carburante) incluso il trasporto e la trasmissione così come l'esternalità infrastruttura (Figura 12) che considera la spesa per manutenzione e riparazione indotta da un'unità di traffico si traducono in un beneficio per effetto del minor numero di chilometri percorsi.

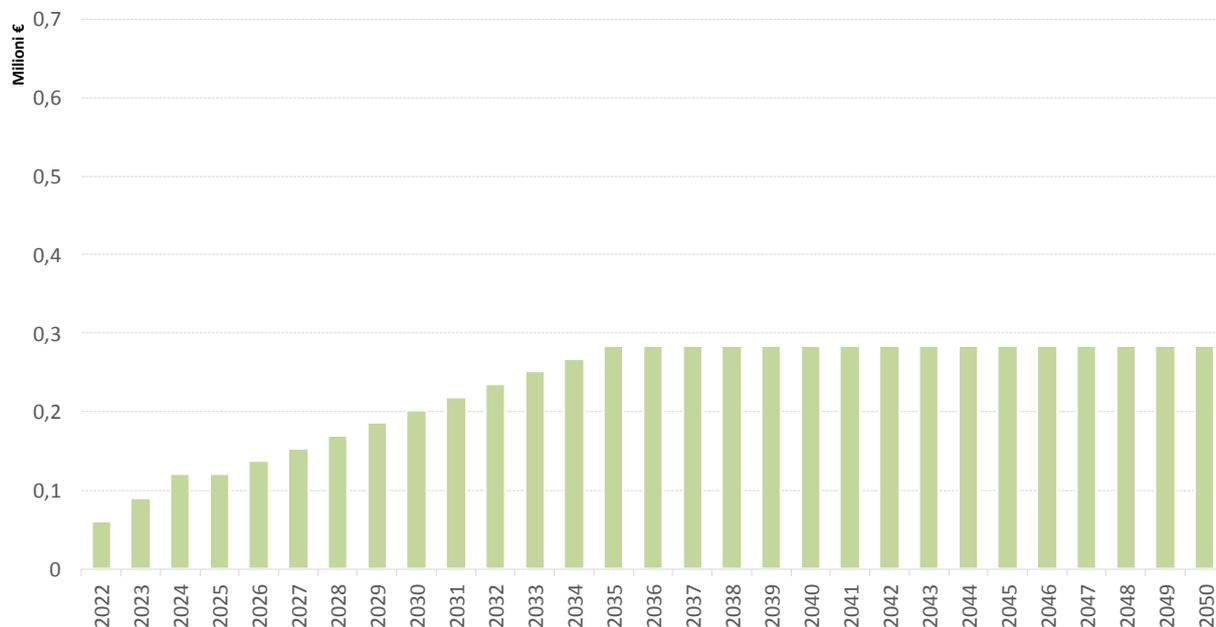


Figura 11 - Trend evolutivo dei benefici dovuti alla riduzione dell'esternalità up & downstream (€2016)

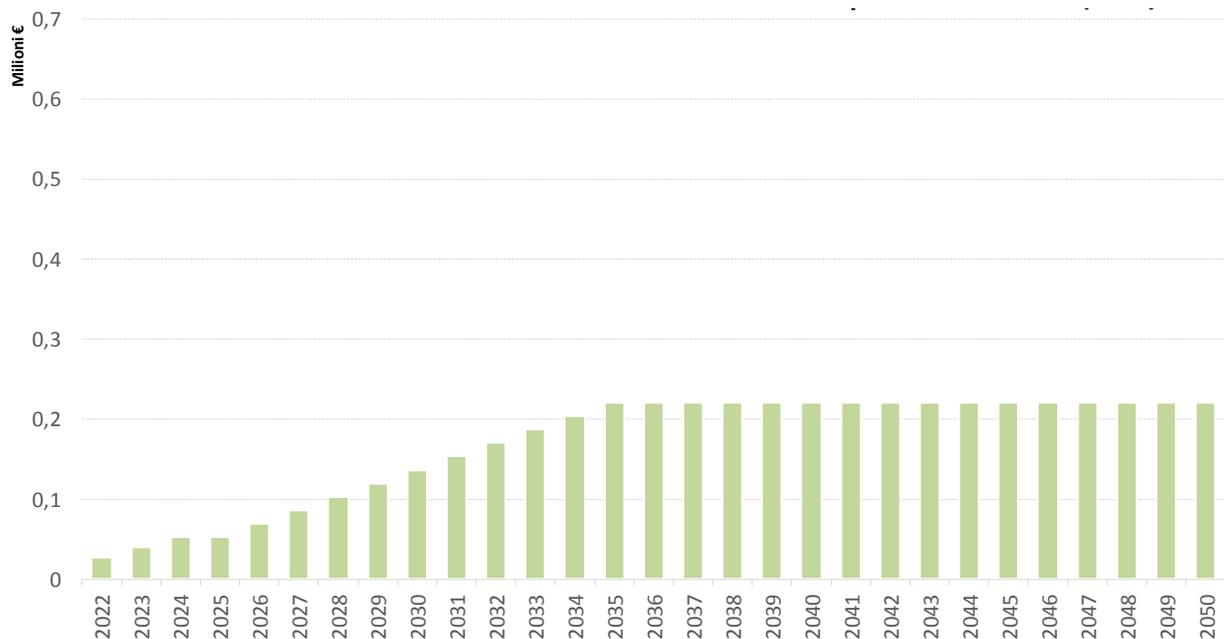


Figura 12 - Trend evolutivo dei benefici dovuti alla riduzione dell'esternalità infrastrutture (€2016)

6.2 Risultati ed indicatori

La valutazione, i cui calcoli complessivi sono riportati nella Tabella Allegata alla fine del capitolo 7, mostra un risultato positivo, evidenziando come il progetto preso in esame generi un beneficio netto alla collettività. I benefici diretti ed indiretti dell'opera sono infatti superiori ai costi sociali dell'investimento (e della sua gestione), incluso l'impatto di cantiere.

Tutti gli indicatori danno un risultato positivo, sia per quanti riguarda il VAN che l'IRR avente valore superiore al 3%.

Tabella 25 - Sintesi dei risultati, indicatori.

VANE [M€]	368,8
Saggio di Rendimento Interno (IRR)	5,86%
Net Benefit over Investment Ratio (NBIR)	1,74
B/C ratio	1,50

6.3 Analisi di sensitività

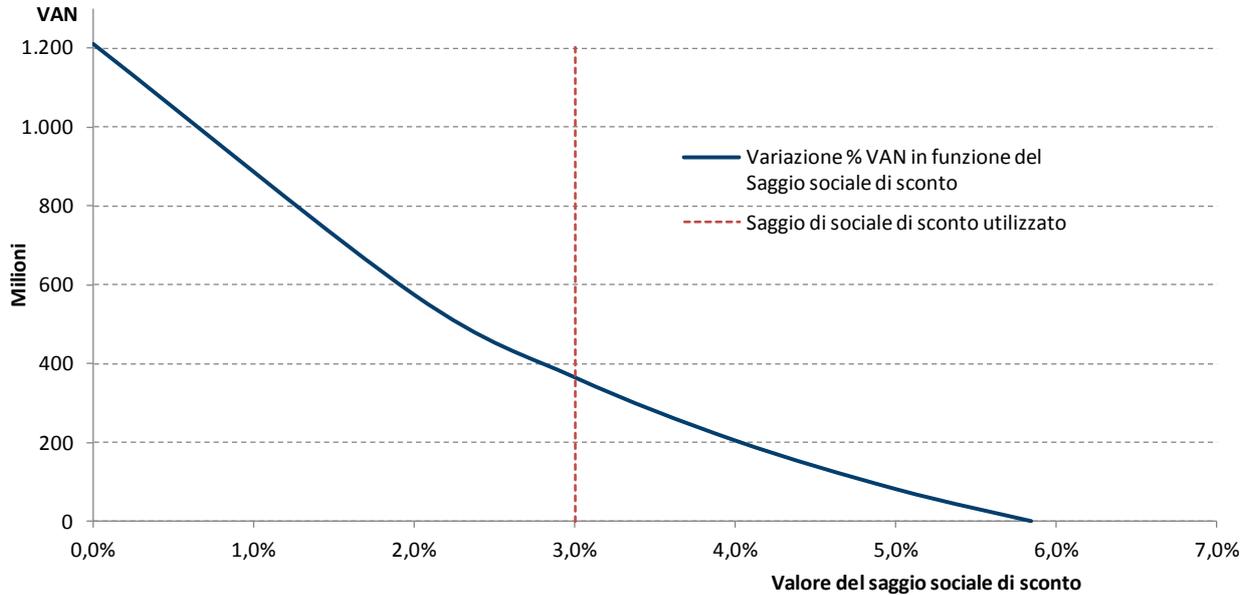
Al fine di testare la sensibilità del risultato finale al variare di alcuni dati di input e per tener conto di eventuali incertezze nei dati in ingresso, sono state effettuate una serie di analisi di sensitività. La procedura consiste nel far variare, uno alla volta, gli input ritenuti incerti e/o importanti dato il loro peso sui risultati e registrare su un grafico opportuno la variazione del risultato in termini di VAN. In

questo modo è possibile tenere conto razionalmente dell'incertezza associata alle stime fatte. In generale, i criteri da utilizzare per la scelta delle variabili critiche dipendono dalle caratteristiche dello specifico progetto e pertanto richiedono una valutazione caso per caso. In questo studio si sono ritenute sensibili quattro variabili: il saggio sociale di sconto, il costo orario di una tonnellata di merce, il costo di investimento e il valore del tempo per le auto. Per tutti sono state ipotizzate variazioni dei valori di ingresso i cui risultati hanno confermato la solidità dell'analisi anche per scostamenti significativi.

6.3.1 Saggio sociale di sconto

Il principale parametro macroeconomico è il Saggio Sociale di Sconto, cioè l'indice di preferenza intertemporale della collettività del paese nel suo complesso rispetto a costi e benefici futuri. Accanto al valore di 3% utilizzato nell'analisi, sono state imposte variazioni tra 0% (assenza di sconto dei costi e benefici futuri) e 6%. In tutto il campo di variazioni analizzato, il VAN rimane positivo.

Figura 13 - Andamento del VAN in relazione al saggio sociale di sconto

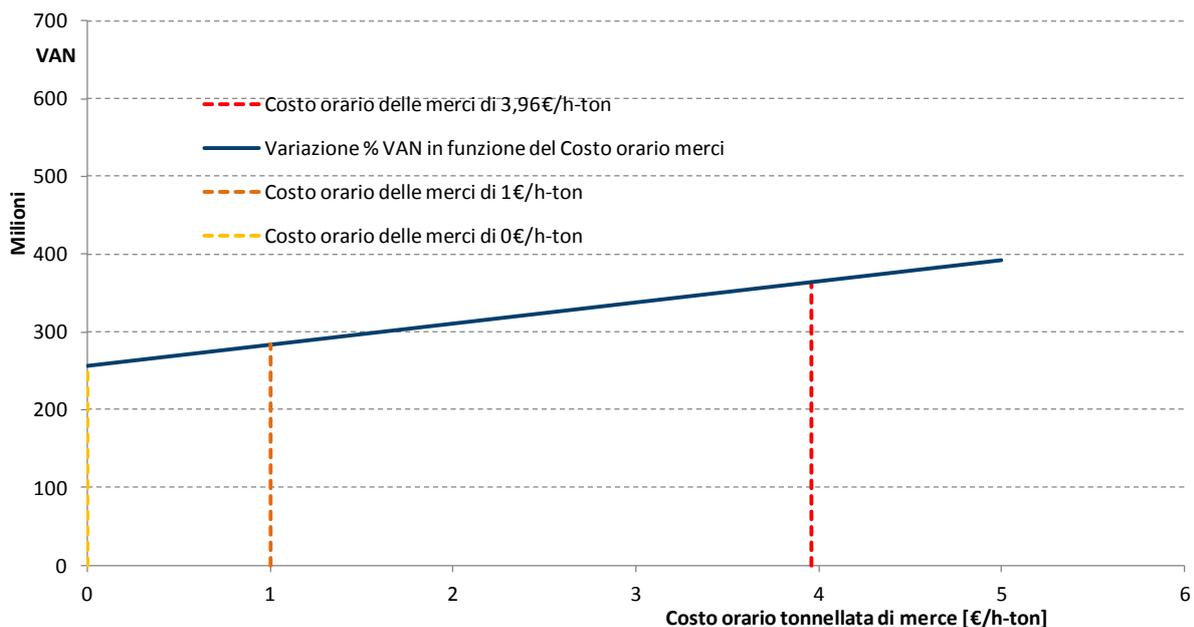


6.3.2 Valore del tempo merci

Trattandosi di un progetto stradale orientato a ridurre i tempi di spostamento, il parametro principale è naturalmente il valore del tempo. L'intervento, infatti, avrà impatti sia sulla quantità di domanda che in termini di variazione di beneficio per gli attuali utilizzatori dell'infrastruttura.

Per le merci si è ritenuto utile effettuare un approfondimento relativamente al valore delle merci a bordo, per il quale sono stati ipotizzati valori da zero a 5 €/ton per tener conto delle divergenze in letteratura relative ai valori economici da attribuire ad una tonnellata di merce e al diverso carico medio trasportato, ancor più difficile da stimare nel caso di studio data la sovrapposizione di traffico di lunga, media e breve distanza. Tale scelta prudenziale conferma tuttavia la solidità del risultato che fornisce valori di VAN sempre positivi.

Figura 14 - Andamento del VAN al variare del costo orario per tonnellata di merce

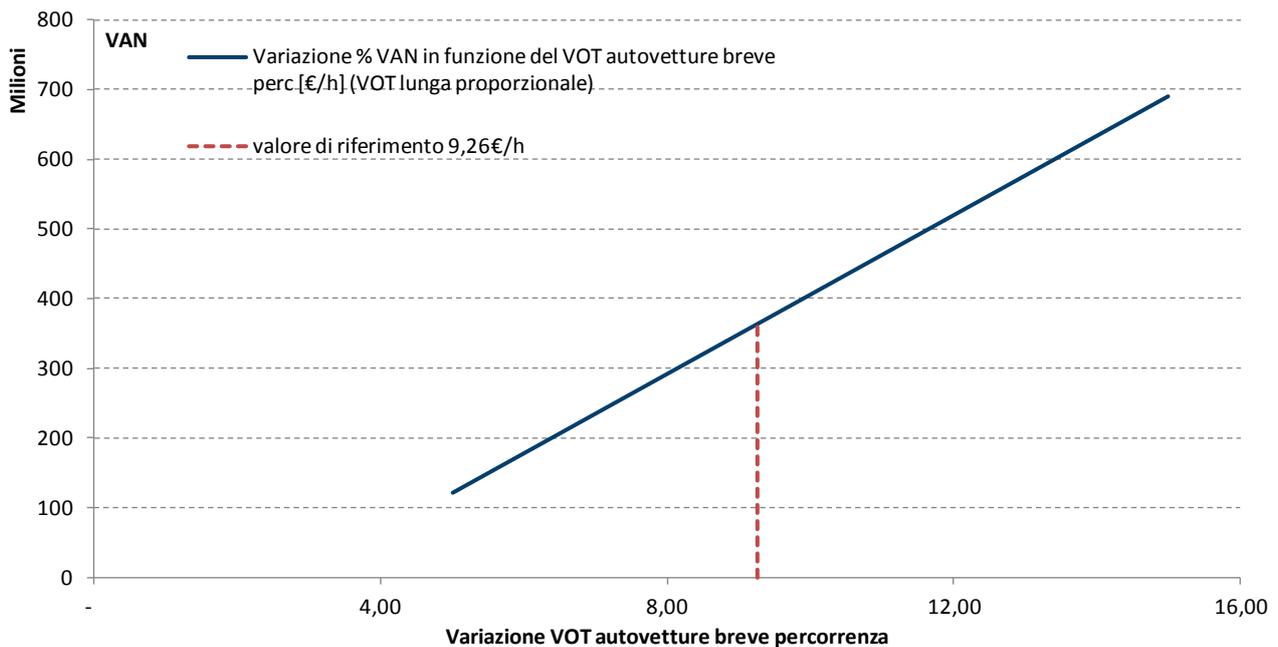


6.3.3 Valore del tempo delle autovetture sulla breve percorrenza

I risparmi di tempo rappresentano una voce fondamentale per la valutazione degli interventi infrastrutturali. Dato il particolare contesto di analisi che coinvolge la mobilità in auto sia di breve che di lunga distanza (i relativi valori del tempo sono riportati nel paragrafo 5.2.1), è stata effettuata un'analisi di sensitività sul valore del tempo per le auto di breve distanza mantenendo un rapporto fisso con il valore del tempo per i veicoli sulla lunga percorrenza.

Anche in questo caso non si individuano valori per cui l'analisi diventa negativa.

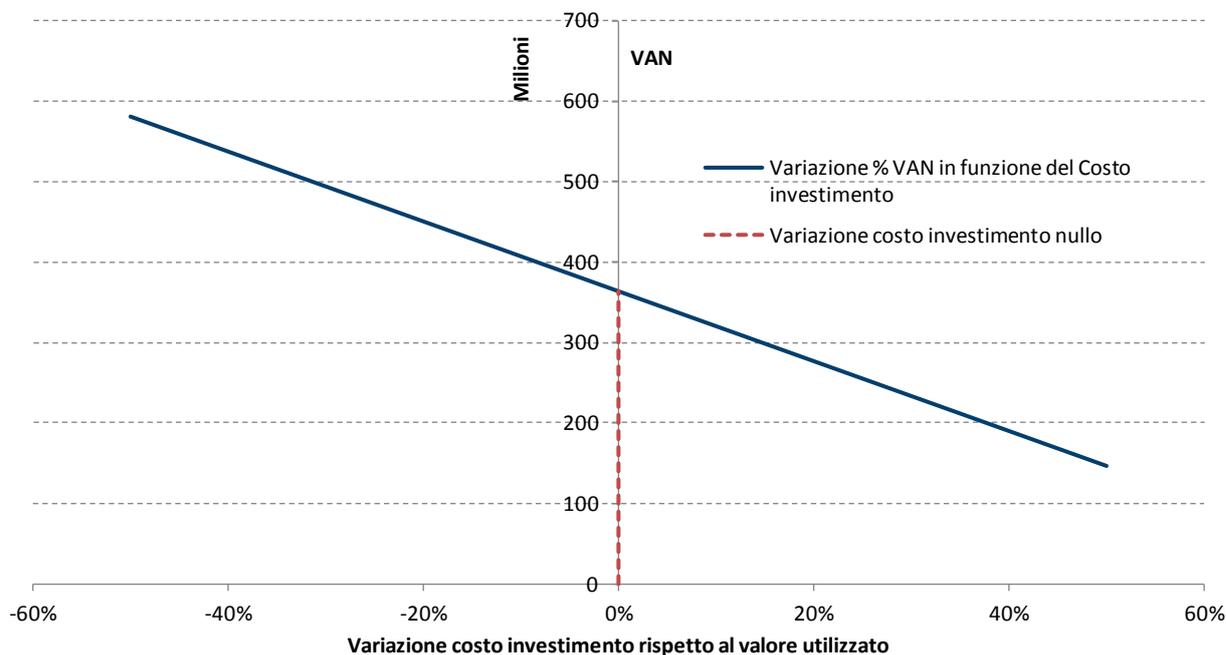
Figura 15 - Andamento del VAN al variare del valore del tempo unitario per le auto sulla breve percorrenza



6.3.4 Costo d'investimento

La valutazione della variazione dell'analisi rispetto al valore dell'investimento è particolarmente importante poiché è nota la revisione nel tempo delle previsioni di costo, soprattutto quelle della fase di fattibilità. Molti extra-costi intervengono nelle fasi di progettazione, condivisione col territorio e soprattutto di realizzazione per effetto delle procedure di assegnazione. E' quindi sempre opportuno verificare, soprattutto per i progetti fattibili, la variazione del risultato in funzione degli scostamenti dell'investimento rispetto alle previsioni. Data l'importanza della variabile, nel paragrafo successivo si è tenuto conto del possibile scostamento dell'investimento anche nell'analisi di rischio. La successiva Figura mostra come, in caso di crescita del costo anche del 50% rispetto al valore di previsione, il VAN rimanga nel campo dei valori positivi.

Figura 16 - Variazione del VAN rispetto al costo d'investimento utilizzato

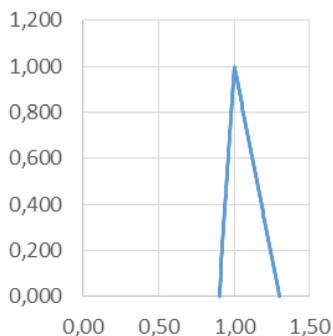


6.4 Analisi di rischio

Il principio dell'analisi di rischio consiste nell'applicazione ad alcune variabili chiave di distribuzioni di probabilità in luogo di un valore fisso con l'obiettivo di ridurre il livello di incertezza legato all'effettivo valore che gli input del progetto potrebbero assumere. Tali variabili, a differenza dell'analisi di sensitività, sono valutate insieme e non singolarmente e ad esse viene associata una distribuzione di probabilità. Per l'analisi è stato utilizzato un software sviluppato ad hoc dal laboratorio TRASPOL, che considera distribuzioni triangolari di probabilità degli input ed utilizza il cosiddetto Metodo Montecarlo.

Una distribuzione triangolare ha la forma di Figura 17 in cui il valore centrale della distribuzione è la moda, cioè il valore più probabile della variabile data una distribuzione di valori. Nell'analisi si assumono i valori di input provenienti dal modello o descritti nella presente relazione come i valori più probabili. I due valori estremi sono invece i valori minimo e massimo possibili, con probabilità nulla. Ad esempio, un valore di 0,8 come minimo significa che è impossibile che la variabile assuma un valore inferiore a 0,8 e lo stesso per il limite massimo. Non essendo disponibili serie storiche, essi vengono definiti in termini qualitativi nel paragrafo successivo.

Figura 17 - Esempio di distribuzione triangolare di probabilità



6.4.1 Distribuzione delle probabilità in ingresso

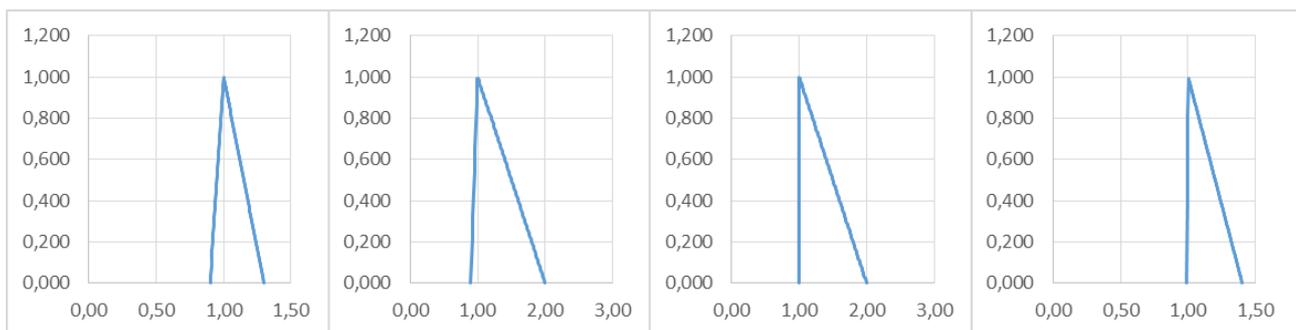
In assenza di informazioni storiche sull'andamento delle variabili, sono state fatte le seguenti assunzioni.

Costo di investimento. Distribuzione tra il 90% e il 130% del valore base. Si ritiene improbabile che il costo di investimento sia più basso del 10% in meno rispetto a quanto inizialmente ipotizzato. Al contrario, la letteratura internazionale indica come molto probabili aumenti di costo, anche del 50% e più. D'altra parte, pur essendo un'opera con le sue complessità, si tratta di una progettazione fatta in house dal gestore, che dunque conosce bene i costi e il contesto, e entro una concessione e dunque almeno in parte a proprio rischio. Per questo motivo, l'extracosto considerato limite è stato posto al 30%.

Costi di manutenzione. Distribuzione tra il 90% e il 200%. Il ragionamento fatto è simile al precedente, ma essendo i valori di manutenzione utilizzati molto bassi, si è ammessa una variazione verso l'alto molto più ampia. Tuttavia, la variabile risulta molto poco significativa nel definire il risultato generale e dunque l'effetto sarà minimo.

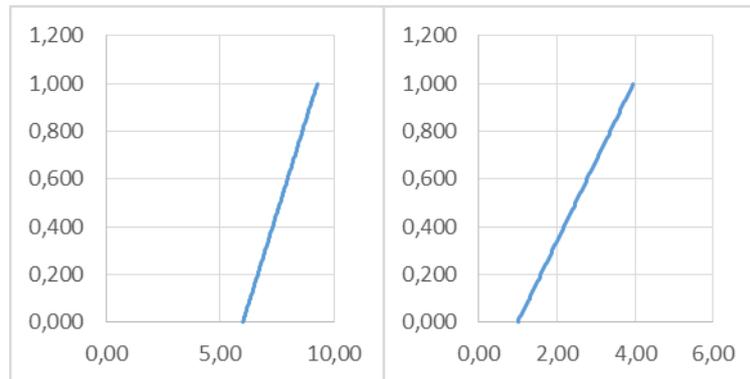
Costi operativi dei veicoli. Distribuzione tra il 99% e il 200%. Si è assunto l'attuale costo industriale del carburante come il minimo realisticamente possibile e dunque si è prospettato un suo aumento fino al raddoppio dei costi di esercizio. Anche in questo caso, essendo la variazione di costi percorrenze minima, sarà molto piccolo l'effetto di questa variabile.

Figura 18. Distribuzione probabilistica dei costi di investimento, manutenzione, costi operativi auto e camion.



Domanda, benefici e valore del tempo. Quest'ultimo è senz'altro l'aspetto più delicato. Poiché la domanda e i benefici calcolati dal modello non variano linearmente con la quantità di domanda, non è possibile, se non effettuando centinaia di simulazioni di traffico conoscere l'andamento dei benefici. In altre parole, se la matrice OD fosse del 10% più grande nel 2051 rispetto a quanto simulato, i benefici non sarebbero semplicemente il 10% in più poiché dipende da quali scelte di percorso quella domanda farà. Di conseguenza, non è in pratica possibile sottoporre ad analisi di rischio questo aspetto. Poiché però i risparmi di tempo sono il beneficio principale dell'opera, si è deciso comunque di farli variare linearmente, attraverso la definizione di un range per il valore del tempo tra 6€ e 9,26€/h/veicolo (per le auto nell'anno base) e tra 1€ e 3,96€/h/ton (per le merci nell'anno base). In pratica, si è effettuata la simulazione come se i benefici di risparmio di tempo dei passeggeri fossero fino al 60% di quanto ipotizzato e quelli delle merci fino a circa ¼.

Figura 19. Distribuzione probabilistica dei Valori del tempo per passeggeri e merci.

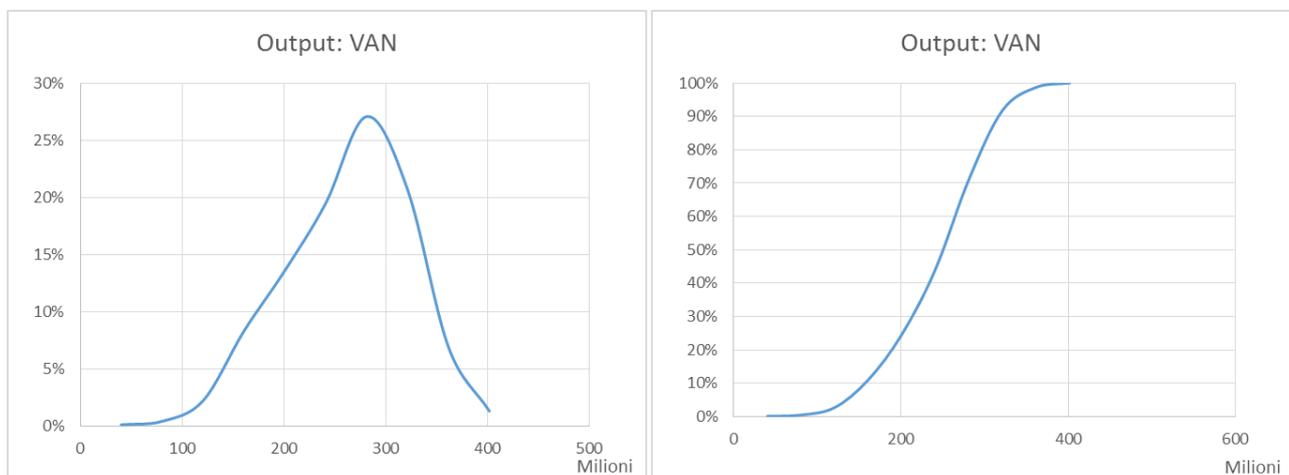


Infine, è stata considerato anche un diverso andamento del traffico oltre il 2040. Mentre nell'analisi di base se ne è ipotizzata la costanza, per l'analisi di rischio la si fa variare tra -0,5% e +0,5%.

6.4.2 Risultati

I diagrammi seguenti riportano i risultati delle simulazioni, sia in termini di distribuzione delle probabilità del risultato, sia come probabilità cumulata. Come si vede, il risultato in termini di Valore Netto Presente è **sempre positivo**, con una probabilità del 24,3% di scendere sotto i 200 M€, nonostante si siano introdotte per questa verifica quasi esclusivamente ipotesi peggiorative nella distribuzione dei parametri di input.

Figura 20. Analisi di rischio: distribuzione di probabilità (figura a sinistra) e di probabilità cumulata del VAN (figura a destra).



7 CONCLUSIONI E TABELLA DI VALUTAZIONE SINTETICA

L'analisi ha riguardato il potenziamento del nodo autostradale di Bologna che prevede l'ampliamento in sede di autostrada e tangenziale, oltre a quattro opere complementari con generica funzione di adduzione e completamento della maglia stradale nell'area di Bologna.

L'analisi costi benefici è stata redatta coerentemente alla più recente letteratura scientifica su metodi e valori parametrici e facendo riferimento alle linee guida esistenti, ove disponibili. I valori dei costi di investimento, le variazioni di percorrenze chilometriche e dei tempi di viaggio, la ripartizione dell'incidenza delle varie lavorazioni sul costo dell'opera nonché della manodopera, sono stati forniti da Spea mentre le stime dei valori differenziali di manutenzione provengono Autostrade per l'Italia SpA.

Come mostrato nella Tabella 26 e nelle allegate Tabelle di Valutazione, l'intervento analizzato si caratterizza per valori degli indicatori di progetto che confermano la capacità dello stesso di contribuire positivamente al benessere della società, grazie a benefici maggiori dei costi. Il beneficio del progetto sono riconducibili quasi interamente alla riduzione dei tempi di percorrenza, oltre ad un effetto secondario di riduzione delle esternalità, grazie alle minori percorrenze. Significativo è l'effetto negativo del cantiere in termini di maggiori tempi di viaggio durante i lavori, ma non tale da compromettere la generale desiderabilità dell'intervento.

Tabella 26 - Sintesi dei risultati, indicatori

Costo o Beneficio	Totale non attualizzato	Valore attuale netto (M€ 2015)
Investimento	-561,0	-500,10
Manutenzione	-30,4	-16,7
Valore residuo	183,6	65,2
Variazione surplus utenti progetto	1.819,2	1.012,4
Variazione surplus utenti cantieri	-247,2	-221,4
Esternalità progetto	55,9	30,0
Esternalità cantieri	-0,6	-0,6
VANE		368,8
Saggio di Rendimento Interno (IRR)		5,86%
Net Benefit over Investment Ratio (NBIR)		1,74
B/C ratio		1,50

La solidità dei risultati è stata infine testata attraverso l'analisi di sensitività per una serie di variabili ritenute sensibili per il progetto facendone variare i valori in un intervallo critico, ma anche con un'analisi di rischio attribuendo alle variabili adeguate distribuzioni di probabilità per determinare la variazione dei valori del VAN. In tutti i casi il risultato è confermato essere nel campo positivo.

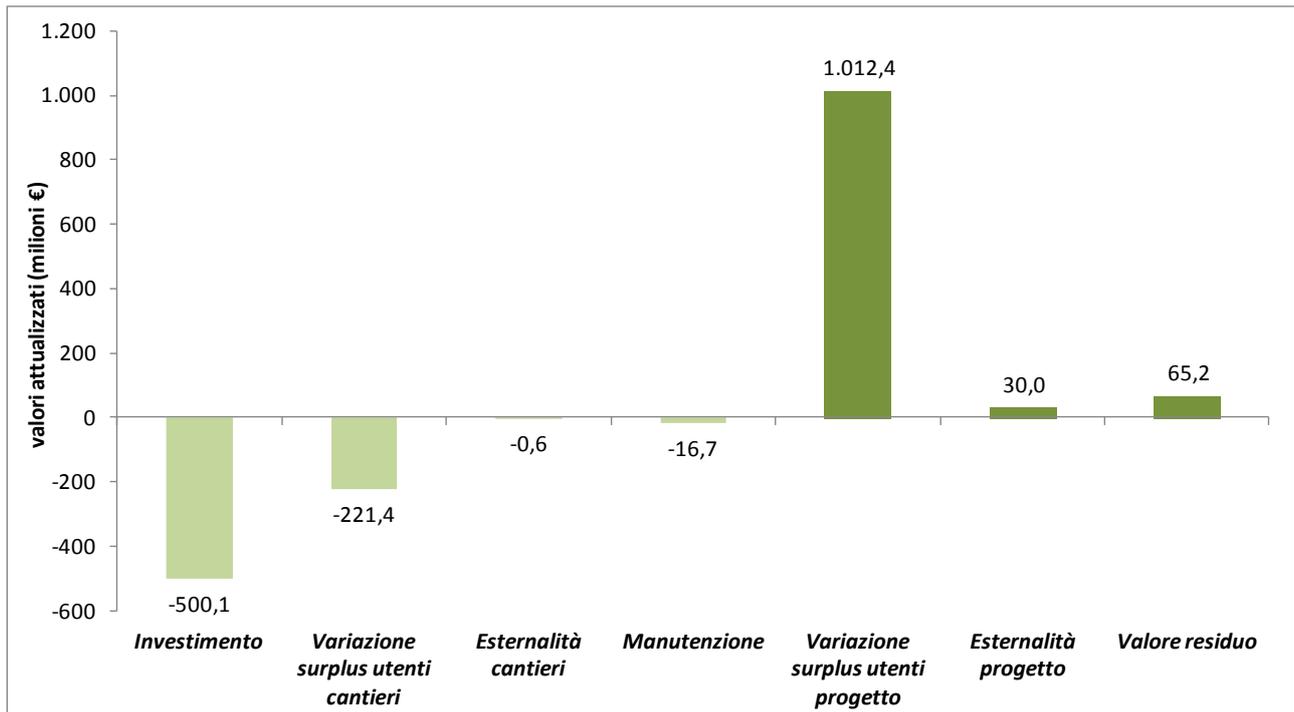


Figura 21 - Valori attualizzati delle voci di costi e benefici

Nome scenario
1

Saggio Sociale di Sconto 3%
Tasso di crescita traffico post-2035 0%

spea ANALISI COSTI BENEFICI SOCIO-ECONOMICA DEL PROGETTO PRELIMINARE DEL PASSANTE AUTOSTRADALE DI BOLOGNA
ENGINEERING
per Atlantia

durata cantiere (36 mesi) mail santambrogio 11 nov

	2016	2017	2018	2019	simulato					simulato										
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	
Costo di investimento	- 6.215.124	- 6.215.124	- 6.215.124	- 180.779.219	- 180.779.219	- 180.779.219	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manutenzione straordinaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manutenzione ordinaria	-	-	-	-	-	-	674.646	678.213	681.833	685.508	797.217	854.021	912.447	972.532	1.034.313	1.095.353	1.105.231	1.115.256	1.125.432	-
Valore residuo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variazione surplus utenti (inclusa congestione)							28.483.774	42.725.662	56.967.549	56.967.549	57.991.198	59.014.847	60.038.496	61.062.145	62.085.794	63.109.443	64.133.092	65.156.741	66.180.390	-
di cui variazione costi operativi percepiti (economici)							94.794	142.191	189.587	189.587	236.525	283.462	330.399	377.336	424.273	471.211	518.148	565.085	612.022	-
di cui variazione costi operativi non percepiti (economici)							219.948	329.922	439.896	439.896	295.976	152.057	8.137	135.782	279.701	423.621	567.540	711.459	855.379	-
di cui variazione risparmi di tempo							28.608.928	42.913.393	57.217.857	57.217.857	58.050.649	58.883.442	59.716.234	60.549.027	61.381.819	62.214.612	63.047.404	63.880.197	64.712.989	-
di cui passeggeri breve							10.924.397	16.386.595	21.848.794	21.848.794	22.165.135	22.481.477	22.797.819	23.114.160	23.430.502	23.746.843	24.063.185	24.379.527	24.695.868	-
di cui passeggeri lunga							8.610.841	12.916.261	17.221.682	17.221.682	17.648.602	18.075.522	18.502.442	18.929.362	19.356.282	19.783.202	20.210.122	20.637.042	21.063.962	-
di cui merci							8.948.537	13.422.805	17.897.073	17.897.073	18.177.461	18.457.848	18.738.235	19.018.623	19.299.010	19.579.397	19.859.785	20.140.172	20.420.559	-
di cui rete autostradale							15.103.136	22.654.704	30.206.272	30.206.272	27.185.644	24.165.017	21.144.390	18.123.763	15.103.136	12.082.509	9.061.881	6.041.254	3.020.627	-
di cui rete ordinaria							15.918.792	23.878.188	31.837.584	31.837.584	28.653.826	25.470.067	22.286.309	19.102.550	15.918.792	12.735.034	9.551.275	6.367.517	3.183.758	-
di cui tangenziale							2.538.153	3.807.230	5.076.307	5.076.307	4.140.731	3.205.156	2.269.581	1.334.005	398.430	537.146	1.472.721	2.408.297	3.343.872	-
Esternalità totali (esclusa congestione)							563.733	845.599	1.127.466	1.127.466	1.244.543	1.361.620	1.478.697	1.595.774	1.712.851	1.829.929	1.947.006	2.064.083	2.181.160	-
di cui inquinamento atmosferico							32.849	49.274	65.699	65.699	82.688	99.676	116.665	133.654	150.643	167.631	184.620	201.609	218.597	-
di cui incidentalità							39.998	59.997	79.997	79.997	108.763	137.529	166.296	195.062	223.828	252.595	281.361	310.127	338.894	-
di cui rumore							317.968	476.952	635.936	635.936	635.179	634.421	633.663	632.905	632.148	631.390	630.632	629.874	629.117	-
di cui climate change							86.026	129.040	172.053	172.053	211.117	250.180	289.244	328.307	367.371	406.435	445.498	484.562	523.625	-
di cui up&downstream							60.500	90.749	120.999	120.999	137.275	153.551	169.828	186.104	202.380	218.656	234.932	251.209	267.485	-
di cui infrastruttura							26.391	39.586	52.782	52.782	69.522	86.262	103.002	119.742	136.482	153.222	169.962	186.702	203.442	-
Impatto cantiere sulla circolazione (inclusa congestione)		- 111.236.319	-	- 89.607.035	- 46.348.466	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
di cui variazione costi operativi percepiti (economici)				2.649.512	2.134.329		1.103.963													-
di cui variazione costi operativi non percepiti (economici)				1.383.228	1.114.267		576.345													-
di cui variazione risparmi di tempo				- 115.269.058	- 92.855.630		- 48.028.774													-
di cui passeggeri breve				- 17.208.224	- 13.862.180		- 7.170.093													-
di cui passeggeri lunga				- 61.539.092	- 49.573.157		- 25.641.288													-
di cui merci				- 32.489.003	- 26.171.697		- 13.537.085													-
di cui rete autostradale				- 8.261.746	- 6.655.206		- 3.442.394													-
di cui rete ordinaria				- 101.464.170	- 81.735.026		- 42.276.738													-
di cui tangenziale				- 18.033.895	- 14.837.304		- 7.514.123													-
Esternalità durante il cantiere (esclusa congestione)		- 288.468	-	- 232.377	- 120.195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
di cui inquinamento atmosferico				- 327.423	- 363.757		- 136.426													-
di cui incidentalità				- 862.955	- 695.159		- 359.565													-
di cui rumore				- 1.026.659	- 827.030		- 427.774													-
di cui climate change				- 5.754	- 4.636		- 2.398													-
di cui up&downstream				- 143.200	- 115.355		- 59.667													-
di cui infrastruttura				- 273.703	- 220.483		- 114.043													-
Totale non attualizzato	- 6.215.124	- 6.215.124	- 6.215.124	- 292.304.006	- 270.618.631	- 227.247.880	28.372.861	42.893.048	57.413.181	57.409.507	58.438.523	59.522.446	60.604.746	61.685.387	62.764.332	63.844.018	64.974.867	66.105.568	67.236.118	-
Totale attualizzato	- 6.215.124	- 6.034.100	- 5.858.350	- 267.499.573	- 240.441.148	- 196.026.018	23.761.824	34.875.973	45.322.495	43.999.607	43.483.750	43.000.282	42.506.949	42.004.747	41.494.618	40.979.046	40.490.189	39.994.956	39.494.133	-

simulato	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
2035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	1.135.760	1.146.244	1.156.884	1.167.684	1.167.684	1.167.684	1.167.684	1.167.684	1.167.684	1.167.684	1.167.684	1.167.684	1.167.684	1.167.684	1.167.684	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	183.550.742
67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	67.204.039	-
658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	658.959	-
990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	990.298	-
65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	65.545.782	-
25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	25.012.210	-
21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	21.490.882	-
20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	20.700.947	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	4.279.448	-
2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	2.298.237	-
235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	235.586	-
367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	367.660	-
628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	628.359	-
562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	562.689	-
283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	283.761	-
220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	220.182	-
68.366.516	68.366.033	68.345.392	68.334.592	68.334.592	68.334.592	68.334.592	68.334.592	68.334.592	68.334.592	68.334.592	68.334.592	68.334.592	68.334.592	68.334.592	68.334.592	183.550.742
38.988.469	37.847.078	36.739.016	35.663.311	34.624.574	33.616.091	32.636.982	31.686.390	30.763.485	29.867.461	28.997.535	28.152.947	27.332.958	26.536.853	25.763.935	25.013.529	65.230.886

Valore Attualizzato Netto (NPV)
Saggio di Rendimento Interno (IRR)
Net Benefit over Investment Ratio (NBIR)
B/C ratio

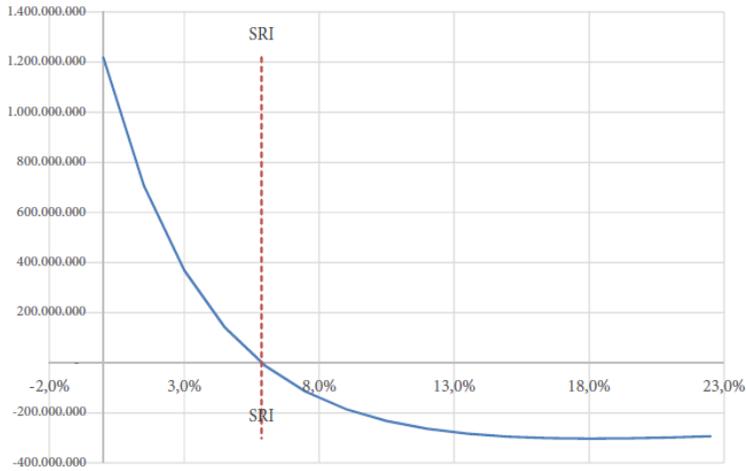
368.795.753
5,86%
1,74
1,50

OK, maggiore o uguale a: 3,0%

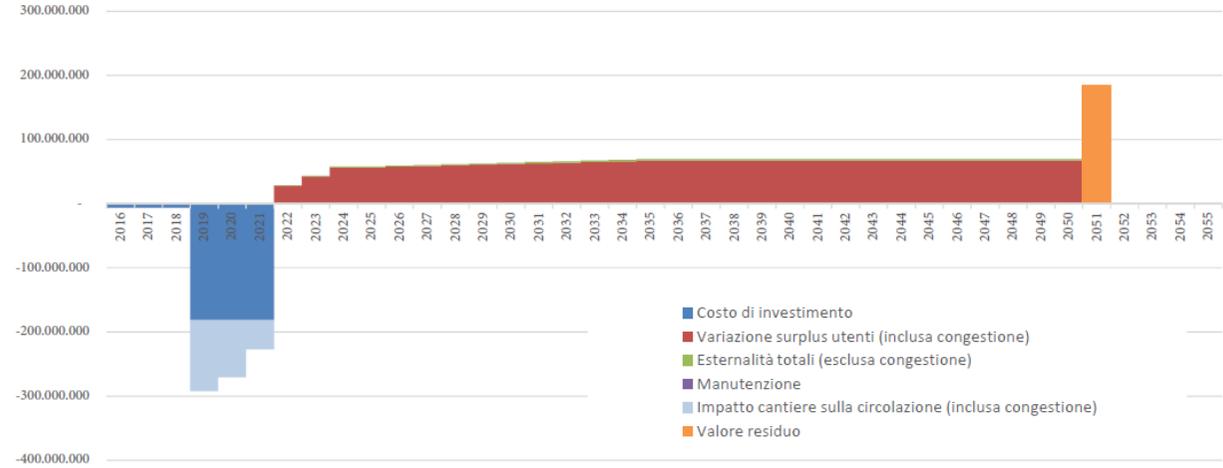
NBIR = effetto netto a vita intera dell'opera (benefici durante l'esercizio e costi fase di cantiere) / costo di investimento

B/C = complesso degli effetti positivi / complesso degli effetti negativi

VAN in funzione del SSS



Cash flow socio-economico (non attualizzato)



- Costo di investimento
- Variazione surplus utenti (inclusa congestione)
- Esternalità totali (esclusa congestione)
- Manutenzione
- Impatto cantiere sulla circolazione (inclusa congestione)
- Valore residuo

8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Beria P., Grimaldi R. (2015). *La valutazione socio-economica degli scenari del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) 2014-2024 del Comune di Milano*. Piano Urbano Della Mobilità Sostenibile. Allegato 1. Valutazione socio-economica.
- Grimaldi, R., Beria, P. (2013). Open issues in the practice of cost benefit analysis of transport projects. *Proceedings of the World Conference on Transport Research – WCTR 2013*. Rio de Janeiro, Brasile.
- Korzhenevych A. et al. (2014). *Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final Report*. Report for the European Commission: DG MOVE.
- MIT (2006a), *I Grandi Progetti del PON Trasporti 2000 – 2006: metodologie di analisi e casi di applicazione, Quaderni del PON Trasporti n. 02*, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- MIT – Traspol (2006), *Costi economici e sociali della mobilità, incidentalità, inquinamento e trasporto delle merci pericolose*. Relazione finale 23 marzo 2006.
- NUVV (2003), *Guida per la certificazione da parte dei Nuclei regionali di valutazione e verifica degli investimenti pubblici*.
- Regione Lombardia (2016). *Linee guida per la redazione di Studi di Fattibilità. Interventi infrastrutturali*. Milano, Italy.
- DG Regio (2008), *Guide to Cost Benefit Analysis of investment Projects*, Directorate General Regional Policy, European Commission.
- DG Regio (2014). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*. Directorate General Regional and Urban Policy, European Commission.
- UVAL/IRPET (2014). *Lo Studio di fattibilità nei progetti locali realizzati in forma partenariale: una guida e uno strumento*.