

Tunnel Stradali

# L'analisi costi-benefici come strumento per l'adeguamento

**TRA I CRITERI GUIDA NELL'ASSUMERE DECISIONI NELLA GESTIONE DEL RISCHIO, NEI CASI DI ADEGUAMENTO DELLE GALLERIE STRADALI, IL DECRETO LEGISLATIVO 264/2006 INDICA ANCHE L'ANALISI COSTI-BENEFICI. DI SEGUITO UN APPROFONDIMENTO DELLA QUESTIONE SVILUPPATA CONFRONTANDO IL DETTATO NORMATIVO CON LE RECENTI "LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DEGLI INVESTIMENTI IN OPERE PUBBLICHE" NEI SETTORI DI COMPETENZA DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI DEL 1° GIUGNO 2017.**

L'adeguamento al D.lgs. 264/2006 di una galleria stradale in esercizio richiede nella maggior parte dei casi un processo di analisi di rischio. In questo modo è possibile stimare e verificare che il "livello" di rischio nella configurazione post adeguamento risulti accettabile secondo il criterio di accettabilità ALARP - *As Low As Reasonably Practicable*. Tuttavia, sempre secondo il Decreto, l'analisi di rischio potrebbe non essere l'unico strumento sufficiente: l'analisi costi-benefici viene richiamata come criterio guida nell'assumere decisioni per la

gestione del rischio. L'accettabilità del rischio deve essere valutata non solo da un punto di vista tecnico, ma anche economico. Ad esempio, quando all'interno del Decreto viene affrontata la realizzazione del sistema di drenaggio liquidi infiammabili e delle piazzole di sosta è presente la locuzione "*costo sproporzionato*" oppure "*costo non proporzionato*". Ma cosa si intende per "*costo sproporzionato*"? E soprattutto: un costo è definito sproporzionato rispetto a cosa? Quali sono i parametri e le grandezze da considerare?

**Fabio Borghetti**  
Politecnico di Milano

TAB. 1 COSTI MARGINALI DELLA CONGESTIONE STRADALE

Veicolo	Area Territoriale	Tipologia di strada	v/c* < 0,5 (€cent/vkm)	0,75 < v/c* < 1 (€cent/vkm)	v/c* > 1 (€cent/vkm)
Autovetture	Metropolitana	Autostrada	0,0	26,8	61,5
		Extraurbane principali	0,9	141,3	181,3
		Altre strade	2,5	159,5	242,6
	Urbana	Urbane principali	0,6	48,7	75,8
		Altre strade	2,5	139,4	230,5
	Rurale	Autostrada	0,0	13,4	30,8
		Extraurbane principali	0,4	18,3	60,7
		Altre strade	0,2	42,0	139,2
	Veicoli merci	Metropolitana	Autostrada	0,0	50,9
Extraurbane principali			1,8	268,5	344,4
Altre strade			4,7	303,0	460,9
Urbana		Urbane principali	1,2	92,5	144,1
		Altre strade	4,7	264,9	438,0
Rurale		Autostrada	0,0	25,4	58,4
		Extraurbane principali	0,8	34,8	115,3
		Altre strade	0,4	79,8	264,5
Veicoli merci ricolati		Metropolitana	Autostrada	0,0	77,6
	Extraurbane principali		2,7	409,8	525,6
	Altre strade		7,2	462,5	703,5
	Urbana	Urbane principali	1,8	141,1	219,9
		Altre strade	7,2	404,4	668,6
	Rurale	Autostrada	0,0	38,8	89,2
		Extraurbane principali	1,2	53,1	176,0
		Altre strade	0,6	121,9	403,8
	Autobus	Metropolitana	Autostrada	0,0	66,9
Extraurbane principali			2,3	353,3	453,1
Altre strade			6,2	398,7	606,4
Urbana		Urbane principali	1,6	121,7	189,6
		Altre strade	6,2	348,6	576,3
Rurale		Autostrada	0,0	33,5	76,9
		Extraurbane principali	1,0	45,8	151,7
		Altre strade	0,5	105,0	348,1

\*il grado di saturazione v/c va individuato sulla base del rapporto tra volume (flusso di traffico equivalente) e capacità (flusso di traffico massimo).

Fonte: Linee Guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche, giugno 2017

TAB. 2 COSTI MARGINALI MEDI DELL'INCIDENTALITÀ A PREZZI DI MERCATO  
(EURO PER INCIDENTE, DISTINTO IN FUNZIONE DELLA GRAVITÀ)

Decesso	Ferito grave	Ferito lieve
1.916.000	246.200	18.800

Fonte: Linee Guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche, giugno 2017

È evidente che attualmente il Decreto lascia margini di interpretazione che possono tradursi in soggettività dell'analista. Occorre, quindi, confrontare costi e benefici attesi dove per benefici si intende una riduzione di rischio a fronte della realizzazione della specifica misura (requisito) di sicurezza. Volendo entrare nel merito della realizzazione delle uscite di emergenza il Decreto cita: *per le gallerie esistenti*

**TAB. 3 COSTI MARGINALI DELL'INCIDENTALITÀ (EURO PER VKM)**

Autovetture			Veicoli merci pesanti			Motocicli		
Autostrada	Altra strada non urbana	Strada urbana	Autostrada	Altra strada non urbana	Strada urbana	Autostrada	Altra strada non urbana	Strada urbana
0,1	0,2	0,6	2,1	1,0	4,0	0,1	0,2	1,5

Fonte: Linee Guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche, giugno 2017

di lunghezza superiore a 1000 m e con un volume di traffico, superiore a 2000 veicoli per corsia deve essere valutata la fattibilità e l'efficacia della realizzazione delle uscite di emergenza, se mancanti, tramite apposita analisi di rischio. Anche in questo caso dentro le parole "fattibilità ed efficacia" si nasconde il concetto di analisi costi-benefici.

Se la valutazione dei benefici risulta più semplice, in quanto è possibile stimare la riduzione del rischio confrontando il VAD-Valore Atteso del Danno associato a ogni configurazione della galleria, i costi non sono sempre facilmente quantificabili: uno dei motivi è che i costi hanno unità di misura diverse. Inoltre, si riferiscono a impatti su differenti scale e coinvolgono soggetti diversi. Nell'ipotesi di dover adeguare una galleria stradale realizzando una o più uscite di emergenza potrebbe verificarsi la necessità di chiudere per un tempo più o meno lungo la galleria al fine di consentire l'esecuzione di lavori. Questo comporta l'identificazione di un percorso alternativo ragionevolmente praticabile da tutti i veicoli (leggeri e pesanti). Oltre al costo monetario di realizzazione delle opere è necessario considerare anche gli impatti diretti e/o indiretti che riguardano ambiti non strettamente legati a quelli del trasporto (sistema stradale) e che per loro natura non sono facilmente quantificabili e monetizzabili.

**TAB. 4 COSTI MARGINALI DELLE EMISSIONI INQUINANTI PER IL TRASPORTO STRADALE (EURO PER VKM)**

Veicolo	Classe EURO	Urbano			Suburbano			Rurale			Autostrada		
		(€cent/vkm)			(€cent/vkm)			(€cent/vkm)			(€cent/vkm)		
		min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max
Autovetture	0	3,5	6,2	10,3	3,1	3,3	3,5	0,9	2,0	2,8	0,9	2,4	3,5
	1-4	0,4	1,6	3,7	0,2	0,8	1,5	0,1	0,4	0,8	0,1	0,5	0,9
	5-6	0,4	0,6	0,9	0,1	0,3	0,6	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,4
Veicoli merci leggeri	1-4	0,6	2,8	5,9	0,3	1,3	2,5	0,1	0,7	1,4	0,1	0,7	1,3
	5-6	0,6	0,9	1,4	0,2	0,4	0,8	0,1	0,3	0,6	0,1	0,3	0,6
Autobus urbani	0	30,2	37,4	46,4	15,5	21,9	28,5	10,4	15,2	19,8	9,5	12,9	16,3
	1-4	6,7	15,6	27,3	5,1	10,8	17,2	3,7	7,8	12,0	3,0	6,4	9,8
	5-6	1,8	4,2	7,0	0,7	2,7	5,0	0,3	1,6	3,0	0,3	1,2	2,3
Autobus extraurbani	0	28,8	31,9	34,9	17,4	19,5	21,5	11,9	13,3	14,7	10,4	11,5	12,5
	1-4	9,0	18,1	26,9	7,0	12,3	16,3	5,1	8,5	11,2	4,5	7,2	9,5
	5-6	2,4	6,4	10,6	1,3	4,7	8,4	0,6	2,6	4,6	0,4	1,6	2,7
Autocarri	0	15,4	28,8	39,2	7,7	17,8	25,1	5,6	12,8	17,7	5,9	11,4	14,9
	1-4	3,8	14,5	29,8	2,5	9,7	18,1	2,1	7,2	12,5	2,1	6,4	10,6
	5-6	1,7	4,5	8,5	0,6	3,0	6,3	0,3	1,5	3,4	0,2	1,0	2,3
Autoarticolati	0	28,5	39,9	56,6	17,6	25,7	37,2	12,5	17,9	25,9	11,0	14,7	20,2
	1-4	7,2	20,9	43,1	5,5	14,4	26,6	4,2	10,2	17,9	3,7	8,4	14,1
	5-6	2,0	5,1	9,4	0,9	3,4	6,7	0,4	1,9	4,1	0,3	1,3	3,0

Fonte: Linee Guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche, giugno 2017

## Le Linee Guida del 1° giugno 2017

Un valido aiuto può arrivare dalle "Linee Guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche" nei settori di competenza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 1° giugno 2017. Seppur concepite con finalità diverse, le Linee Guida riportano qualche esempio di esternalità che possono essere associate alla chiusura temporanea della galleria:

- congestione stradale;
- incidentalità;
- emissioni inquinanti;
- inquinamento acustico;
- riscaldamento globale.

Oltre alle esternalità proposte è possibile valutare altri costi quali, ad esempio, l'usura della pavimentazione del percorso alternativo utilizzato durante il periodo dei lavori (soprattutto nel caso di percentuali elevate di traffico pesante). Di seguito si riporta una sintetica descrizione per la stima

delle esternalità con riferimento a quanto contenuto nelle Linee Guida.

## Congestione stradale

Per congestione stradale si intende "disutilità pura da traffico" secondo l'accezione della Commissione Europea. Il percorso alternativo potrebbe non soddisfare completamente la domanda di trasporto e quindi generare congestione. In questo caso occorre considerare il Valore del Tempo-VoT (Value of Time) che dipende dal tipo di spostamento:

- sistematici per motivi di studio e/o lavoro (*commuting*);
- occasionali per lavoro/affari (*business*);
- occasionali per altri motivi (formazione, svago e tempo libero, ...).

Le Linee Guida (tab. 1 e tab. 2, pag. precedente) forniscono valori associati ai costi marginali in funzione del tipo di veicolo, area territoriale, tipologia di strada e grado di saturazione inteso come rapporto tra flusso e capacità.

**TAB. 5 COSTI MARGINALI DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO PER IL TRASPORTO STRADALE (EURO PER 1000 VKM)**

Tipologia di veicolo	Periodo del giorno	Densità media del traffico	Area Urbana	Area Suburbano	Area Rurale
Autovetture	Giorno	Alta	8,8	0,5	0,1
		Bassa	21,4	1,4	0,2
	Notte	Alta	16,1	0,9	0,1
		Bassa	38,9	2,5	0,4
Motocicli	Giorno	Alta	17,7	1,1	0,1
		Bassa	42,7	2,7	0,4
	Notte	Alta	32,1	1,9	0,2
		Bassa	77,9	5,1	0,6
Autobus	Giorno	Alta	44,0	2,4	0,4
		Bassa	107,0	6,8	0,8
	Notte	Alta	80,3	4,5	0,7
		Bassa	194,7	12,7	1,5
Veicoli merci leggeri	Giorno	Alta	44,0	2,4	0,4
		Bassa	107,0	6,8	0,8
	Notte	Alta	80,3	4,5	0,7
		Bassa	194,7	12,7	1,5
Veicoli merci pesanti	Giorno	Alta	81,0	4,5	0,7
		Bassa	196,6	12,7	1,5
	Notte	Alta	147,8	8,3	1,3
		Bassa	358,2	23,1	2,6

Fonte: Linee Guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche, giugno 2017

**TAB. 6 COSTI MARGINALI DEL RISCALDAMENTO GLOBALE PER IL TRASPORTO STRADALE**

Veicolo	Classe EURO	Ambito urbano			Ambito Rurale			Ambito Autostradale			Media		
		(€cent/vkm)			(€cent/vkm)			(€cent/vkm)			(€cent/vkm)		
		min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max
Autovetture	0	2,4	3,0	3,4	1,7	1,9	2,3	1,8	2,1	2,7	1,9	2,2	2,6
	1-4	1,6	2,7	3,9	1,1	1,7	2,3	1,2	1,8	2,4	1,3	2,0	2,8
	5-6	1,6	2,6	3,5	1,1	1,6	1,9	1,2	1,6	2,1	1,3	1,9	2,4
Veicoli merci leggeri	0	2,9	3,5	4,0	2,0	2,3	2,5	2,8	2,9	2,9	2,4	2,6	2,7
	1-4	2,8	3,2	3,7	1,7	2,0	2,3	2,3	2,5	2,6	2,1	2,3	2,5
	5-6	2,8	3,1	3,4	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4	2,1	2,2	2,3
Autobus	1-4	7,4	7,6	7,7	5,1	5,5	5,8	4,6	5,0	5,3	5,8	6,1	6,3
	5-6	7,4	7,4	7,4	5,1	5,1	5,1	4,6	4,6	4,6	5,8	5,8	5,8
Veicoli merci pesanti	0	3,8	8,5	13,2	3,2	6,8	10,4	3,4	6,2	9,0	3,4	7,0	10,4
	1-4	2,7	7,4	12,1	2,3	5,8	9,6	2,5	5,2	8,2	2,5	6,0	9,5
	5-6	2,7	7,0	11,2	2,3	5,2	8,0	2,5	4,6	6,7	2,5	5,6	8,3

Fonte: Linee Guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche, giugno 2017

## Incidentalità

L'utilizzo di un itinerario alternativo potrebbe causare un incremento di incidentalità che può essere stimato con modelli analitici di simulazione in grado di restituire il numero di incidenti e la rispettiva gravità. Il passo successivo consiste nella monetizzazione in funzione dei parametri proposti. Le stesse Linee Guida (tab. 3) suggeriscono un ulteriore metodo per la stima aggregata dei costi marginali dell'incidentalità in funzione delle percorrenze chilometriche (veicoli-km) distinte per modo di trasporto e tipologia di infrastruttura.

## Emissioni inquinanti

Le emissioni inquinanti tra cui ad esempio SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NMVOC, sono dannose per la salute umana e derivano dai consumi energetici imputabili agli utenti. L'utilizzo di un itinerario alternativo, che in linea generale aumenta la percorrenza totale dello spostamento, può provocare un incremento di emissioni inquinanti totali. I costi marginali associati a questo tipo di esternalità (tab. 4) sono funzione del contesto territoriale in cui avvengono le emissioni.

## Inquinamento acustico

L'inquinamento acustico, provocato dalle emissioni sonore, determina impatti sociali in funzione del luogo, della durata dell'esposizione e del tipo di veicolo e delle sue caratteristiche. Le Linee Guida (tab. 5) propongono valori del costo marginali associati a questa esternalità per le diverse tipologie di veicolo.

## Riscaldamento globale

A differenza delle emissioni inquinanti, le emissioni climateranti producono effetti su scala globale e concorrono al riscaldamento del pianeta (effetto serra). I costi marginali (tab. 6) possono essere stimati attraverso diverse metodologie che stimano la

variazione di emissione di CO<sub>2</sub> nell'aria. Le Linee Guida suggeriscono, per tipologia di veicolo e classe EURO, valori di costo marginale in relazione alle percorrenze chilometriche.

## Una conclusione "di frontiera"

Infine, un elemento "di frontiera" dell'analisi costi benefici riguarda l'utilizzo di metodi stocastici invece che deterministici: al posto di utilizzare dei valori di *input* come quelli proposti in precedenza si potrebbe usare una loro distribuzione di probabilità attesa. Ne consegue che anche i risultati non saranno dei valori assoluti ma relativi a distribuzioni di probabilità. ■