



CENTRO
PER LO SVILUPPO
DEL POLO DI PIACENZA

TT &

3

settembre
2005

TRASPORTI & TERRITORIO

Scienze, Tecnologie, Politiche per la mobilità



Le esternalità dei trasporti nelle analisi economiche
Umberto Petruccelli - Carolina Carbone

*Applicazione di alcuni metodi di Analisi Multi-Criteria
per la scelta di un progetto autostradale*
Federico Menichini

*Alcune considerazioni sul ruolo dell'analisi costi - benefici
nella valutazione delle infrastrutture di trasporto*
Marco Brambilla - Stefano Erba - Marco Ponti

*Dinamiche di generazione delle funzioni di costo nel traffico
intermodale delle merci a forte caratterizzazione marittima*
Alessandro Olivo

*Un tram innovativo su un antico tracciato
lungo il litorale tra Pisa e Livorno*
Beatrice Carmassi

Le manovre ferroviarie nel porto di Genova
Claudio Bellini - Marco Galaverna

News

*Ferrovie dello Stato, Alstom e Giugiaro.
Tre firme sul nuovo pendolino per l'alta velocità.*



Centro per lo Sviluppo
del Polo di Piacenza



TRASPORTI & TERRITORIO
Scienze, Tecnologie, Politiche per la mobilità

SOCI
FONDATORI



Direttore responsabile
prof. ing. Enrico Chiesa

Comitato di Redazione
prof. arch. Sandra Bonfiglioli, dr. ing. Roberto Maja,
prof. ing. Renato Manigrasso, prof. ing. Claudio
Podestà, prof. arch. Marco Ponti, prof. ing. Giovanni
Da Rios, prof. ing. Dario Zaninelli

Comitato di Consulenza
dr. ing. Mauro Moretti, dr. ing. Maurizio Fantini,
dr. ing. Alberto Zorzan

Redazione e Amministrazione
Politecnico di Milano
Centro per lo Sviluppo del Polo di Piacenza
Via Scalabrini, 76 - 29100 Piacenza
Tel. 02 23996819 - Fax 02 23996837
e-mail: rivista.t&t@polimi.it

Edizione
Eupalino Srl
Sede legale: Via B. Eustachi, 22 - 20129 Milano
Uffici: Via Francesco Rezzonico, 2 - 20135 Milano
Direttore Editoriale: Francesco Vecchi

Redazione editoriale e Abbonamenti
Tel. 02 36510045 - Fax 02 36510046
e-mail: eupalino@fastwebnet.it
Gli abbonamenti vanno indirizzati a:
Eupalino Srl - Via F. Rezzonico n. 2 - 20135 Milano,
versando il corrispettivo sul
c/c postale numero 54079702 intestato a Eupalino srl

Ufficio di redazione
Giovanni Orfino, Andrea Olivieri

Tariffa abbonamenti
Italia: Euro 35,00 (Un numero Euro 10,00,
Fascicoli arretrati Euro 15,00)
Estero: Euro 55,00
Per studenti
Abbonamento Euro 20,00 (Un numero Euro 5,00)

La pubblicazione o ristampa degli articoli della rivista deve essere autorizzata per iscritto della Direzione.

Registrazione del Tribunale di Milano
N. 355 del 23 maggio 1988
Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003
(conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1 - DCB Milano

Finito di stampare nel mese di settembre 2005 da
Castelli Bolis Poligrafiche Spa - Via F. Baracca, 20
24060 Azzano San Paolo - BG

Questa rivista è stata inviata tramite abbonamento: l'indirizzo in nostro possesso verrà utilizzato per l'invio di questa e altre riviste o per l'invio di proposte di abbonamento. Ai sensi della legge n. 675/96 è nel diritto del ricevente richiedere la cessazione dell'invio e/o l'aggiornamento dei dati in nostro possesso.

SOMMARIO

Anno 18 - Numero 3 - settembre 2005

97 Editoriale

99 Le esternalità dei trasporti nelle analisi economiche

Economic analysis of transport externalities

Umberto Petruccioli, *Università della Basilicata - Dapit- Potenza*
Carolina Carbone, *Collaboratrice scientifica dell'Università della Basilicata - Dapit*

109 Applicazione di alcuni metodi di Analisi Multi-Criteria per la scelta di un progetto autostradale

Application of a few methods of Multi-Criteria Analysis for the choice of a motorway project

Federico Menichini, *Università di Pisa - Dipartimento di Ingegneria Civile - Vie e Trasporti*

121 Alcune considerazioni sul ruolo dell'analisi costi - benefici nella valutazione delle infrastrutture di trasporto

Cost-benefit analysis for the transport infrastructure

Marco Brambilla, *Assegnista di ricerca*
Stefano Erba, *Dottorando in Progetti e Politiche Urbane*
Marco Ponti, *Professore straordinario*
Politecnico di Milano, DiAP Dipartimento di Architettura e Pianificazione

128 Dinamiche di generazione delle funzioni di costo nel traffico intermodale delle merci a forte caratterizzazione marittima

Dynamics of costs in the intermodal goods traffic mostly of maritime origin

Alessandro Olivo, *Dipartimento Ingegneria del territorio, Università di Cagliari*

133 Un tram innovativo su un antico tracciato lungo il litorale tra Pisa e Livorno

An innovative tram on an old line along the sea front between Pisa and Livorno

Beatrice Carmassi, *Dipartimento Ingegneria Civile "Vie e Trasporti" - Università di Pisa*

141 Le manovre ferroviarie nel porto di Genova

Railway manouvres in the port of Genoa

Claudio Bellini, *SCIRO S.p.A.*
Marco Galaverna, *Centro Interuniversitario Ricerca Trasporti, Università degli Studi di Genova*

NEWS

147 Ferrovie dello Stato, Alstom e Giugiaro. Tre firme sul nuovo pendolino per l'alta velocità

In copertina: Imponente intersezione autostradale, Detroit, USA.

Le esternalità dei trasporti nelle analisi economiche

Economic analysis of transport externalities

Umberto Petruccioli, Università della Basilicata - Dapit- Potenza

Carolina Carbone, Collaboratrice scientifica dell'Università della Basilicata - Dapit - Potenza

I sistemi di trasporto sono responsabili di esternalità negative che gravano sulla collettività e che vanno monetizzate con metodi adeguati.

La presente pubblicazione propone un'analisi critica dei metodi di stima dei costi dell'inquinamento atmosferico, delle emissioni dei gas serra, dei rumori e dell'incidentalità. Si presenta poi un confronto tra le sperimentazioni in corso di tali metodi in grado di evidenziarne i limiti e le potenzialità in relazione alle applicazioni nei trasporti.

The transport systems are responsible for negative externalities are a burden to the community and should be monetized.

The present paper presents a critical analysis of the methods of estimating the cost of atmospheric pollution, greenhouse gasses, noise emissions and accidents. A comparison is presented between different international cost evaluation experiments to show the limits and the potentialities of the different methods available.

Al sistema dei trasporti sono imputabili rilevanti esternalità negative, generalmente non contabilizzate, gravanti sulla collettività.

Per confrontare diverse esternalità, all'interno del singolo modo di trasporto o fra modi alternativi, e portarle in conto nelle analisi economiche degli investimenti occorre monetizzarle attraverso opportune metodologie.

Il presente lavoro propone un'analisi critica dei metodi di stima dei costi dell'inquinamento atmosferico, delle emissioni di gas serra, della congestione, del rumore e dell'incidentalità; sviluppa poi un confronto fra le maggiori sperimentazioni internazionali condotte sul tema ed evidenzia limiti e potenzialità di tali metodi in relazione all'applicabilità al settore dei trasporti.

Strumenti metodologici generali

Si è ritenuto opportuno tralasciare gli effetti dell'inquinamento elettromagnetico, il danno estetico e da ingombro dovuto ai mezzi in transito in aree pedonali o di pregio, i costi d'uso dell'infrastruttura ed i "costi barriera" del traffico motorizzato [1] perché meno consolidati e/o caratterizzati da maggiori incertezze.

La selezione e rielaborazione dei metodi presenti in letteratura ha permesso di giungere ad una classificazione che considera le seguenti metodologie [2]:

- metodo delle *spese difensive*
- metodo del *prezzo edonico*
- metodo del *costo esterno per unità di causa o effetto*
- metodo del *consumo di risorse*

Alla base di ognuno vi è la stima della disponibilità collettiva a pagare (*willingness to pay*, WTP) o ad essere remunerati (*willingness to accept*, WTA) per ottenere un'unità aggiuntiva di un bene pubblico o, rispettivamente, per esserne privati.

Sebbene la stima della WTP/WTA presenti delle incertezze dovute alle numerose variabili che influenzano i comportamenti collettivi, essa rappresenta ancora oggi il principale supporto ai metodi applicati.

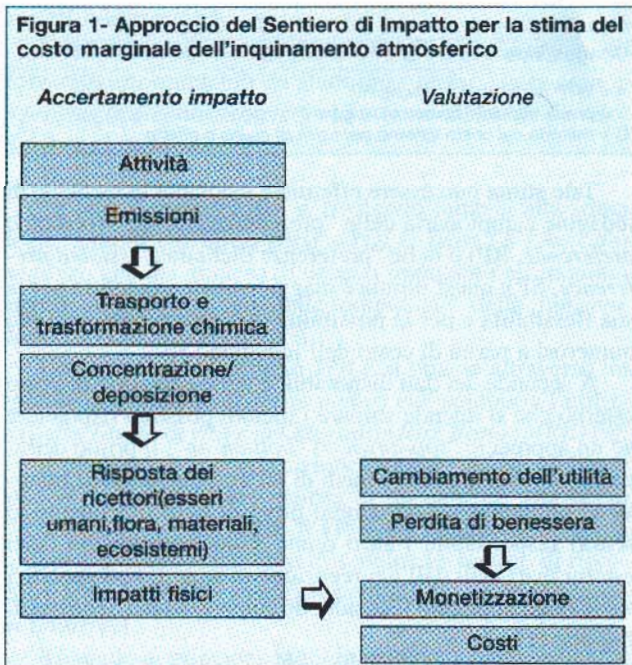


Tabella 1 - Caratteristiche generali

	ExternE/ CE 1999	Infras-Iww/ Uic 2000	AdT/ Confitarma 2000-2001	Csst-Istiee / Anfia-Aci 2001
Costi esterni	Marginali	Totali Medi	Totali Medi Marginali	Totali Medi
Modalità di trasporto passeggeri (PS) e merci (M)	Strada (PS e M) Rotaia (PS)	Strada (PS e M) Rotaia (PS e M) Aereo (PS e M) Navigaz. interna (PS e M)	Strada (PS e M) Rotaia (PS e M) Aereo (PS e M) Navigaz. interna e marittima (PS e M)	Strada (PS e M)
Periodo di valutazione del traffico e dei sentieri di impatto	Giorno/periodo non specificato; sentieri di impatto simulati con riferimento al 1995	1995 e previsione al 2010	1997	1998 (incidenti) 1999 (inq.atm. e rumore)
Categorie di costi est. valutati nelle fasi di: P=produzione/ assemblaggio E = eserc. S = smaltim.	Camb.clim. (P,E) Inq. atm. (P,E)	Camb. clim.(P,E) Inq. atm. (P,E) Rumore (E) Incidenti (E) Congest. (E) Danni a natura e paes. (P infr.)	Camb. clim.(P,E) Inq. atm. (P,E) Rumore (E) Incidenti (E) Congest. (E) Scarichi a mare (E) Rifiuti (P,S) Suolo (E,S) Uso ris. idr. (P)	Inquin. atm. (E) Rumore (E) Incidenti (E) Congest. (E)

Tabella 2 - Basi metodologiche degli studi presenti nel PGTL 2001

	DGVIII (1998)	CAPRI (1999)	Getting the Prices right (1993)	QUITS (1995)	ECMD OECD (1998)	The True Costs of Road Transport (1996)	Commissariat Général du Plan (1994)	Regione Umbria (1999)
Incidenti	A/C	A	A	-	C	A	C	-
Rumore	A	A	A	A	A	B	A	A
Inquinamento atmosferico	C	C	D	C	C	C	?	C
Mutamenti climatici	-	C	D	D	D	D	C	-
Congestione	D	D	-	-	-	D	D	-

A = WTP dedotta da tecniche RP
B = prezzi edonici / costo del viaggio
C = metodo del costo esterno per unità di causa o effetto

D = spese difensive / applicazione di uno standard
? = metodologia sconosciuta

Tale stima può essere effettuata mediante le tecniche di indagine campionaria delle "preferenze rivelate" (*revealed preference*, RP) o delle "preferenze dichiarate" (*stated preference*, SP); quest'ultima è maggiormente impiegata per la sua flessibilità e per la possibilità di ottenere campioni più numerosi a parità di costo dell'indagine [3].

A seconda dei dati disponibili e delle categorie di costo esterno che si intende stimare i metodi possono rispondere ad un approccio "top-down" o "bottom-up": il primo deduce i costi esterni totali e medi di un'attività da quelli relativi ad un aggregato più ampio privo di ogni riferimento ai settori responsabili, l'altro rende stime generali dei costi esterni marginali dall'aggregazione di singoli casi specifici a cui viene applicato il cosiddetto *Approccio del Sentiero di Impatto* (Fig.1).

I principali studi

Numerosi studi internazionali si sono occupati della stima dei costi esterni del trasporto; essi differiscono per le componenti di costo stimate, per le ipotesi di base e per l'approccio metodologico adottato.

Le caratteristiche dei maggiori studi in materia, rappresentati da *ExternE/CE (1999)*, *Infras-Iww/Uic (2000)*, *Amici della Terra (AdT)-Ferrovie dello Stato (FS) - Confitarma (2000-2001)*, *CSST-ISTIEE/ANFIA-ACI (2001)* e da quelli citati dal *Piano Generale dei Trasporti e della Logistica (PGTL) 2001* sono riassunte in Tab.1 e Tab.2; questi ultimi, in particolare, convergono nell'utilizzo delle *funzioni dose-risposta*.

Le informazioni fornite dalla Tab.1 si arricchiscono delle considerazioni di seguito esposte.

Lo studio *ExternE/CE (1999)* sulle esternalità connesse al consumo di carburante ed energia elettrica ha influenzato i procedimenti e le stime di molti studi successivi, quale lo studio *Infras-Iww/Uic (2000)* che ne adotta la metodologia per la stima dei costi marginali.

In ambito stradale, l'adozione dell'approccio *bottom-up* ha comportato la specificazione della categoria e della cilindrata del veicolo, del carburante usato e dell'anno di immatricolazione; in ambito ferroviario, in presenza di trazione elettrica le emissioni sono state calcolate al camino degli impianti termoelettrici.

Il rapporto *AdT/Fs-Confitarma* del 2000, in ambito aereo, considera i voli nazionali ed internazionali in partenza da aeroporti italiani (assunti in numero pari ai voli in arrivo); il rapporto del 2001 stima i costi esterni di esercizio della navigazione interna, di cabotaggio ed internazionale includendo la semisomma del traffico internazionale in arrivo ed in partenza dai porti italiani. Gli scarichi a mare considerati sono sia accidentali che operativi, mentre i rifiuti comprendono gli sversamenti di oli e l'abbandono di batterie.

I valori economici del danno per unità di inquinante sono mutuati da casi di studio italiani svolti nell'ambito del progetto *ExternE/CE (1999)* e da stime "istituzionali" effettuate da agenzie preposte; emissioni e scarichi sono ottenuti dai database di stabilimenti Fiat, officine FS, consorzi oli e batterie ecc.

Lo studio *Csst-Istiee/Anfia-Aci (2001)*, infine, non si propone di fornire un approccio sistematico e completo per la stima dei costi esterni del trasporto a causa delle notevoli incertezze sull'argomento; l'analisi, pertanto, esula dalla specificazione della tecnologia veicolare, del tipo di carburante, del contesto (urbano/extraurbano) e delle percorrenze [4].

Ai suddetti studi va aggiunto il più recente rapporto *Infras-Iww (2004)*, il quale si propone di aggiornare, attraverso una maggiore disaggregazione dei dati che porti in conto anche gli effetti locali di alcuni inquinanti, il database sui volumi di traffico, le emissioni ed i fattori di emissione del precedente rapporto senza mutarne sostanzialmente la metodologia applicata [4].

Inquinamento atmosferico

La complessità dei processi di trasporto e trasformazione chimica degli inquinanti richiede l'adozione, in modo combinato, di misurazioni della qualità dell'aria e modelli di dispersione basati sull'elaborazione puntuale dei dati di emissione, di quelli meteorologici (direzione e velocità del vento, precipitazioni, temperatura) e delle coordinate geografiche dei ricettori ([6], [7]).

I metodi più usati per la stima del costo dell'inquinamento atmosferico sono quello del *prezzo edonico*, in genere supportato da indagini RP, e quello del *costo esterno per unità di effetto*.

Il primo consiste nello stimare la variazione subita dal prezzo degli immobili al variare di una certa qualità ambientale:

$$\delta P_h / \delta Q_k = P(S_i, N_j, Q_k)$$

dove P_h è il prezzo dell'abitazione, mentre S_i ed N_j sono rispettivamente le sue caratteristiche tipologiche e quelle dell'ambiente in cui è inserita.

Nel metodo del *costo esterno per unità di effetto*, invece, la WTP/WTA è stimata mediante la tecnica, di tipo SP, della *valutazione contingente* in relazione al danno atteso ottenuto applicando opportune *funzioni dose-risposta*:

$$\Delta R = \beta \cdot \Delta D$$

La dose ΔD può portare in conto l'esposizione della popolazione in due modi:

■ attraverso una media pesata sulla base della popolazione campionaria Pop_n esposta al livello di concentrazione media annuale $Conc_n$ [8]:

$$\Delta D = \frac{\sum_n Pop_n \cdot Conc_n}{\sum_n Pop_n}$$

■ considerando l'eccesso di concentrazione di inquinante rispetto ad un valore soglia T , come risulta dall'applicazione della metodologia *GEA (Generalised Exposure Assessment)* proposta dall'European Topic Centres on Air Quality e dall'*European Topic Centres on Air Emission* [7]:

$$\Delta D = \frac{\sum_{n=1}^{N_{city}} \sum_{i=1}^{E_n} (C_{i,n} - T) \cdot pop_n}{\sum_{n=1}^{N_{city}} pop_n}$$

dove $(C_{i,n} - T)$ è la concentrazione in eccesso rispetto al valore soglia T nell' n -esima città durante l' i -esima eccedenza, N_{city} è il numero di città in cui è calcolata l'eccedenza, E_n è il numero di eccedenze e pop_n è la popolazione dell' n -esima città.

In riferimento alla mortalità da PM_{10} , i *coefficienti dose-risposta* mutuabili da studi *time series*, *cross-section* o *prospective cohort* convergono attorno alla serie di valori riportati in Tab. 3.

Le attuali metodologie si rivolgono tuttavia alla stima degli "anni di vita attesi persi" (*YOLL, Years Of Lost Life*) piuttosto che del numero di decessi imputabili all'inquinamento atmosferico, possibile output ΔR della *funzione dose-risposta* applicata.

Una stima rigorosa dello *YOLL* si ottiene attraverso un approccio di tipo *prospective cohort* che comporta l'utilizzo delle *Tavole di vita e del Mortality Risk Ratio (MRR)* [9].

Il processo di monetizzazione consiste nel moltiplicare lo *YOLL* ottenuto per il valore di un anno di vita perso (*VOLY*), espressione della WTP/WTA collettiva, in corrispondenza di differenti tassi di sconto che tentino di riprodurre le reali condizioni socio-economiche delle generazioni future [2].

Riguardo ai principali studi in materia, i fattori ed i sen-

Tabella 3 - Comparazione delle elasticità (valori Medii)

Inquinante	Time serie	Cross-section	Prospective cohort
TSP	0,036	0,029	0,11
PM ₁₀ -PM ₁₅	0,051	0,022	0,12

Fonte: Lipfert e Wyzga (1995)

Nota: L'elasticità è il coefficiente di regressione adimensionale che esprime la variazione del "numero di decessi imputabili all'inquinamento atmosferico" con una variazione percentuale del "livello di concentrazione media di PM₁₀".

Tabella 4 - Costi esterni dell'inquinamento atmosferico nella fase di esercizio dei veicoli

	ExternE /CE 1999	Infras-lww /Uic 2000	AdT /Confitarma 2000-2001	Csst-Istiee/ Anfia-Aci 2001
Fattori di impatto	A B C D E	A B	A B C D E	F
Sentieri di impatto	A' B'' C' D' E''	A' B'	A' B'' C' D' E'	F'

A: PM_{2,5}; B: NO_x; C: SO_x; D: CO; E: COV; F: PM₁₀
 A', B': Morbilità tumorale e non, morbilità, danno a edifici
 B'': Mortalità, morbilità, danno a edifici e formazione di O₃
 C': Mortalità, morbilità, danno a coltivazioni
 D': Morbilità
 E': Mortalità, morbilità, formazione di O₃
 E'': Rischio di cancro per IPA, benzene, BaP, 1,3 butadiene; formazione di piogge acide
 F': Mortalità non tumorale e morbilità

tieri di impatto da essi considerati sono riassunti in Tab. 4.

Lo studio *ExternE/CE (1999)* rende stime monetarie maggiori a causa dell'uso di oltre settanta *funzioni dose-risposta*, lineari e prive di "effetti soglia", che includono anche inquinanti emessi in tracce come il benzene. Esse si basano su studi epidemiologici di coorte prospettica finalizzati alla stima dello *YOLL* dovuto ad un incremento annuale della concentrazione di particolato.

Lo studio *AdT/FS-Confitarma (2000-2001)* stima i costi dell'inquinamento atmosferico in ambito stradale attraverso la rielaborazione dei risultati di *ExternE/CE (1999)*, espressi in Euro/veicxkm, al fine di trovare il corrispondente valore del danno per unità di inquinante emessa (indipendente dal veicolo ma dipendente dal luogo e dalle condizioni meteorologiche).

Per uniformare le concentrazioni rilevate dalle stazioni di monitoraggio, lo studio *Csst-Istiee/Anfia-Aci (2001)* introduce un coefficiente di conversione pari a 0,55 (valore generalmente adottato nella letteratura internazionale) tra PM₁₀ (particolato con diametro inferiore a 10 µm) e PST (particelle sospese totali).

Poiché il contributo dovuto a ciascuna modalità di trasporto rappresenta una percentuale della concentrazione totale rilevata, determinabile sulla base delle percorrenze e dei consumi, esso assume inoltre che la concentrazione di PM₁₀ dovuta al trasporto stradale in Italia rappresenti il 35% di quella totale, trasferendo al contesto nazionale i

Figura 2 - Metodologia usata per la stima dei costi della salute

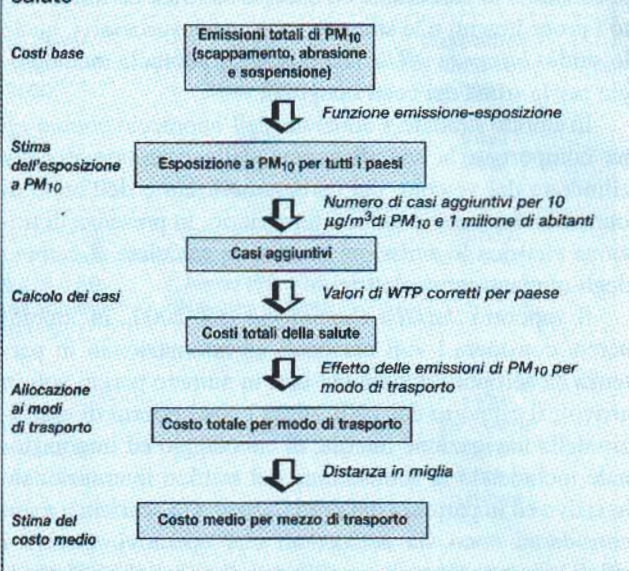


Tabella 5 - WTP: valori medi europei per la stima dei costi relativi alla salute umana dell'inquinamento atmosferico. Prezzi1995

Incidente	Valore (Euro)	Unità
Mortalità cronica (adulti da 30 anni in su)	915.000 (61% di 1,5 milioni)	per vita persa
Ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie	7.870	per ricovero
Ricoveri ospedalieri per malattie cardiovascolari	7.870	per ricovero
Incidenza di bronchite cronica (adulti da 25 anni in su)	209.000	per caso
Bronchite (ragazzi di età inferiore ai 15 anni)	131	per caso
Giorni di attività ridotta (adulti da 20 anni in su)	94	al giorno
Asmatici: attacchi d'asma (ragazzi di età inferiore ai 15 anni)	31	per attacco
Asmatici: attacchi d'asma (adulti dai 15 anni in su)	31	per attacco

risultati di uno studio condotto dall'OMS (1999) relativo all'Austria, alla Francia ed alla Svizzera [8].

Evidentemente tale rapporto presenta dei limiti dovuti allo scarso numero di inquinanti ed effetti considerati (effetti sanitari da esposizione a PM₁₀); l'applicazione di *funzioni dose-risposta* meno affidabili di quelle supportate da studi di coorte prospettica e relative alla sola mortalità acuta da PM₁₀ comporta inoltre una stima complessiva più bassa rispetto a quella di *ExternE/CE (1999)* e degli studi che ne riprendono la metodologia.

Ulteriore limite consiste nello scarso approfondimento circa il contributo del trasporto stradale: il centro di ricerca *CSERGE* ha stimato infatti, in merito al particolato, che solo in ambito urbano esso sia mediamente del 70% ([4], [8]).

Lo studio *Infras-lww (2004)* applica la metodologia, di tipo top-down, schematizzata in Fig. 2.

I valori di WTP (Tab. 5) sono sostanzialmente quelli adottati dal precedente studio; in particolare, poiché il rischio di morte aumenta con l'età, il suo valore viene ridotto rispetto a quello stimato in *ExternE/CE (1999)* e

Tabella 6 - Gas serra (CO₂, CH₄, N₂O) nella fase di esercizio

	ExternE/CE 1999	Infras-Iww/Uic 2000	AdT /Confitarma 2000-2001	Csst-Istiee/ Anfia-Aci 2001
Metodi di stima	Consumo di risorse (*)	Spese difensive (riduzione del 50% delle emissioni al 2030)	Consumo di risorse (*)	n.q.

(*) Danni sanitari da colpi di calore e malattie infettive, perdita di valore aggiunto per l'agricoltura, altri danni da crescita del livello del mare

Tabella 7 - Prezzi ombra adottati dallo studio Infras-Iww (20004)

Scenario	Prezzo ombra
Scenario basso: approccio internazionale che soddisfa gli obiettivi di Kyoto	20 Euro per tonnellata di CO ₂
Scenario alto: approccio del trasporto nazionale consistente nel ridurre del 50% le emissioni di CO ₂ nel lungo periodo (2030)	140 Euro per tonnellata di CO ₂

Tabella 8 - Valori unitari per classi di popolazione esposta al rumore dei trasporti

Leq dB(A)	Valori monetari unitari				
	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Euro/pers.*anno	55	219	547	1.095	2.065

Elaborazione Amici della Terra

corretto sulla base del PIL di ciascun Paese.

Tra i maggiori studi sui costi dell'inquinamento atmosferico occorre inoltre menzionare *UNITE* ed *INFRAS/METEOTEST 2003*.

Il primo differisce dagli studi precedenti, fra cui *Infras-Iww/Uic (2000)*, sia per le diverse *funzioni dose-risposta* (lineari) applicate, sia per i diversi valori di emissione; le *funzioni dose-risposta*, in particolare, presumono una maggiore sensibilità della salute umana all'esposizione agli inquinanti.

Abbracciando il metodo di stima dei costi marginali dell'inquinamento atmosferico adottato dall'High Level Group, esso calcola i costi relativi alla salute umana mediante un approccio *bottom-up* attraverso la ricostruzione del *sentiero di impatto* dell'inquinante.

Gli impatti locali vengono inoltre calcolati sulla base di fattori di costo mutuati dalla Germania (Euro per tonnellata di *PM₁₀*).

Lo studio *INFRAS/METEOTEST 2003*, che adotta l'approccio top-down usato da *Infras-Iww/Uic (2000)*, oltre a basarsi su dati più recenti relativi alle emissioni ed alla popolazione esposta (peraltro maggiore rispetto a quella considerata in *UNITE*), utilizza *funzioni dose-risposta* lineari aggiornate attraverso recenti studi epidemiologici.

Gas serra

Malgrado le incertezze sui danni del cambiamento cli-

matico nel lungo periodo e sul relativo processo di attualizzazione, la stima consiste nel valutare i costi di tutela e prevenzione (*spese difensive*) sulla base di arbitrari obiettivi temporali di riduzione delle emissioni stabiliti dal decisore politico [10]. Queste ultime sono ottenute applicando ai consumi di carburante opportuni *fattori di emissione*; per ottenere le emissioni dei gas serra secondari è possibile applicare dei coefficienti di conversione che esprimano questi ultimi in termini di *CO₂ equivalente*.

Riguardo al trasporto ferroviario, occorre distinguere fra trazione elettrica e diesel. Nel primo caso i fattori di emissione applicati rendono le tonnellate di *CO₂* per chilowattora prelevato dalla rete pubblica; nel secondo caso le fonti di emissione lineari sono trattate in modo analogo al trasporto stradale.

Riguardo al trasporto aereo, la complessità della materia non consente di effettuare stime in termini di *CO₂ equivalente*: ciò comporta, evidentemente, una sottostima monetaria del fenomeno [11].

I metodi di stima adottati dai principali studi in materia sono riassunti in Tab.6.

Lo studio *Infras-Iww (2004)* adotta all'interno del *metodo del consumo di risorse*, sulla base del progetto *UNITE*, prezzi ombra più bassi rispetto a quelli del precedente rapporto, sintomo di obiettivi politici di riduzione delle emissioni meno ambiziosi e comunque in pieno accordo con quanto stabilito dal Protocollo di Kyoto (Tab.7).

Nella suddetta tabella lo *Scenario Alto* si riferisce al raggiungimento di obiettivi di lungo termine, caratteristici soprattutto del settore ferroviario, mentre lo *Scenario Basso* considera obiettivi di breve termine.

Rumore

Per questa esternalità, la cui importanza sociale ed economica è dovuta ai suoi effetti sulla mortalità cronica, sono utilizzabili tutti i metodi di stima di cui si è detto.

Il *metodo del costo esterno per unità di causa*, in particolare, si basa sull'applicazione di valori monetari che esprimono la WTP/WTA collettiva per ridurre il rumore di 1dB(A) a partire da diversi livelli sonori (Tab.8).

Con il metodo del *prezzo edonico*, largamente utilizzato negli Stati Uniti, il costo esterno rumore (*CER*) risulta:

$$CER = \sum (L_{i,a} - L_{i,b}) \cdot A_i \cdot P_i \cdot PE_i \quad (1)$$

dove *i* è la generica area esposta ad un livello di rumore omogeneo, *A_i* e *P_i* sono rispettivamente il numero ed il valore annualizzato delle abitazioni ivi presenti, *PE_i* è la perdita percentuale di valore dell'abitazione per unità di decibel di rumore (che la letteratura europea assume variabile da 0,41% a 1,29%), (*L_{i,a} - L_{i,b}*) è l'eccesso di rumore rispetto alla soglia base nell'area *i*.

Il valore annualizzato di ciascuna abitazione è dato da:

$$P_i = FA \cdot VT_i$$

in cui *VT_i* è il valore di mercato dell'abitazione, mentre il

fattore di annualizzazione

$$FA = \frac{r}{1 - (1+r)^{-t}}$$

è funzione del tasso di interesse r e del periodo di vita dell'investimento t espresso in anni [8].

La qualità delle stime potrebbe essere ulteriormente migliorata introducendo una differenziazione tra le attività svolte nelle abitazioni considerate [9] e, di conseguenza, tra i prezzi edonici applicati.

Detta j la generica attività (tempo libero o studio in casa, lavoro in ufficio ecc.), la (1) diventerebbe:

$$CER = \sum_j \sum_i (L_{i,p} - L_{i,b}) \cdot A_i \cdot P_i \cdot PE_{ij} \quad (1')$$

In riferimento al trasporto stradale, tutti i metodi prevedono innanzitutto un accertamento del livello sonoro prodotto ad una distanza di riferimento dalla fonte. Tipicamente:

$$L = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot \text{Log}[Q \cdot (1 + \alpha_3 \cdot p)] + \sum D \quad (2)$$

dove α_1 , α_2 e α_3 sono costanti calibrate sperimentalmente, Q è il volume di traffico, p è il contributo dei mezzi pesanti e D è un fattore correttivo che porta in conto le caratteristiche dell'infrastruttura (tipo di pavimentazione, caratteristiche superficiali, eventuali proprietà fonoassorbenti ecc.), il valore della velocità ivi consentita ed il tipo di sezione di rilevamento.

La funzione di costo C individuale, che lega la variazione di costo al livello di rumore ed è spesso approssimata dall'interpolazione dei valori di WTP, mostra l'aumento esponenziale dei costi del rumore a partire dalla soglia oltre la quale esso è percepito come disturbo:

$$C = \beta \cdot [\exp(\lambda \cdot (L - L_0)) - 1] \quad (3)$$

dove β e λ sono coefficienti, $L[dB(A)]$ è il livello sonoro calcolato con la (2) ed $L_0[dB(A)]$ è la soglia base imposta dalla legislazione nazionale [11].

In riferimento al trasporto ferroviario [12] il livello sonoro di un convoglio alla generica velocità v :

$$L_v = L_{vmax} + 30 \cdot \log\left(\frac{v}{v_{max}}\right)$$

è funzione del livello sonoro alla massima velocità (L_{vmax}), misurato a 25 m dalla mezzera del binario e a 3,5 m dal piano del ferro, e della massima velocità raggiungibile dal convoglio sulla linea considerata (v_{max}).

Le caratteristiche metodologiche e gli impatti considerati nei principali studi in materia sono riassunti in Tab.9.

La metodologia adottata dallo studio *Infras-Iww (2004)* resta sostanzialmente immutata rispetto al precedente rapporto (Fig. 3).

Si assume che la WTP rispecchi il deprezzamento degli immobili in condizioni di inquinamento acustico; l'incremento di WTP per dB(A) ammonta allo 0,11% del reddito pro capite tipico di ciascun Paese (Fig. 4).

Tabella 9 - Rumore

	Infras-Iww/Uic 2000	AdT /Confitarma 2000-2001	Csst-Istiee/ Anfia-Aci 2001
Base metodologica	WTP per ridurre il rumore ed il rischio di decesso	WTP per ridurre il rumore	Prezzo edonico
Forma della funzione di WTP	Lineare	Curva con derivata crescente	Lineare
WTP per ridurre il rumore di un dB(A) a partire da più di 75 dB(A) - rumore elevato	425 Euro95	2000 ECU91	N.q. per metodologia adottata
Impatti	Impatti sanitari, dolore e disagi da rumore	Quelli percepiti dall'individuo	Perdita del valore annuo delle abitazioni

Figura 3 - Metodologia usata per la stima dei costi esterni del rumore

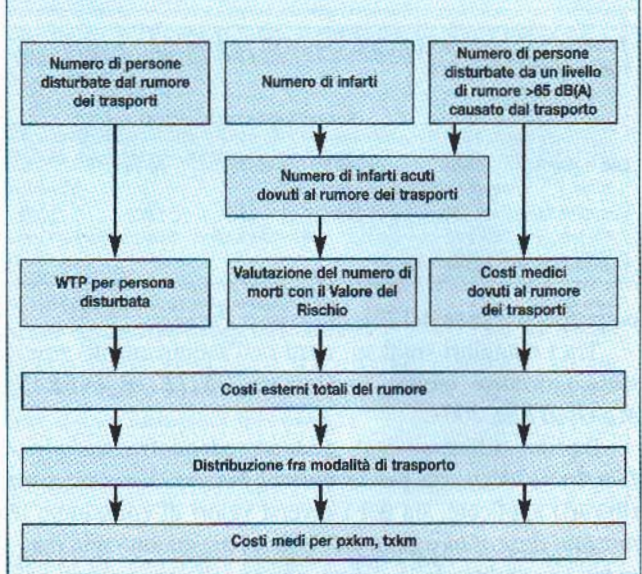


Figura 4 - Sviluppo della WTP, sulla base del reddito pro capite, per diverse classi di rumore in diversi studi europei

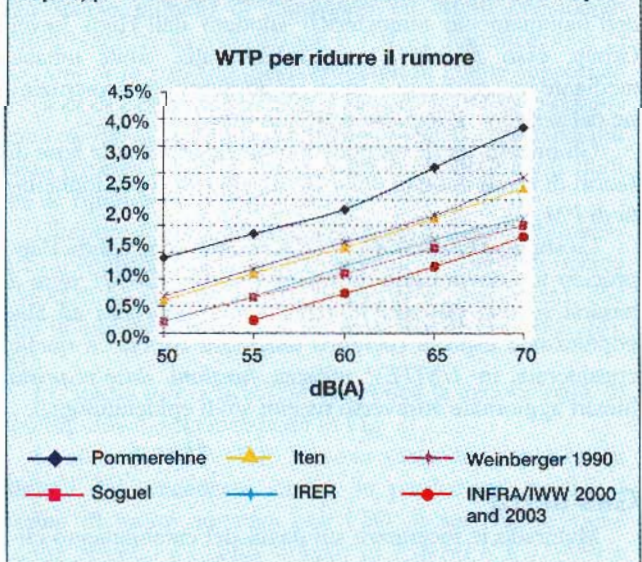


Tabella 10 - Valori di riferimento per la Germania espressi in Euro per dB(A) ridotto

Valori di riferimento per la Germania					
Leq dB(A)	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Strada, aereo	53	159	265	371	477
Ferrovia	0	53	159	265	371

Tabella 11 - Congestione

	Infras-Iww/Uic 2000	AdT /Confitarma 2000-2001	Csst-Istiee/ Anfia-Aci 2001
Scopi stima	Costi totali e medi come perdita di surplus; costi tot. tempo perduto; costi esterni marginali: gettito derivante dall'applicazione di un sistema di tassazione	Costi totali e medi del tempo perduto attribuibili alla responsabilità (occupazione di spazio) delle varie categorie di veic.	Costi totali come perdita di surplus
Ambiti	Urbano ed extraurbano	Urbano	Urbano ed extraurbano
Disaggregazione/ affidabilità dati di base	Elevata sia in ambito U (campioni su strade) che E (database della rete europea)	Bassa (interviste individuali sul tempo perso in città campione)	Media (spostamenti nel territorio comunale)
Valore del tempo perduto per merci e passeggeri	Valori orari differenziati per tipo di veicolo: 77.960 lire ₉₇ /ora (veicoli pesanti) 42.140 lire ₉₇ /ora (veicoli leggeri) 45.000 lire ₉₇ /ora (viaggio d'affari) 11.250 lire ₉₇ /ora (viaggio privato)	Merchi: non applicato passeggeri: 12.700 lire ₉₇ /ora (occupato) 3.600 lire ₉₇ /ora (non occupato)	Merchi: non applicato passeggeri: 25.000 lire ₉₇ /ora

In riferimento alla Germania, lo studio *Infras-Iww (2004)* calcola la WTP per livello sonoro *NL* (mutuando il tasso di inflazione tra il 1995 ed il 2000 da *UNITE*) come:

$$L_v = L_{v,max} + 30 \cdot \log\left(\frac{v}{v_{max}}\right)$$

I coefficienti della precedente espressione possono comunque variare a seconda dell'approccio metodologico adottato nella stima del livello sonoro *NL*.

I valori di WTP utilizzati sono riportati in Tab.10: sebbene essi si riferiscano alla Germania, si è assunto che siano rappresentativi di quelli medi europei. La tabella mostra come, per il settore ferroviario, i valori vengano traslati di una classe a causa della diversa percezione del rumore da parte della popolazione esposta.

Riguardo al Valore del Rischio di infarto acuto, esso si assume pari ad 1,5 milioni di Euro a persona in accordo con il precedente rapporto.

Poiché il tasso di mortalità diviene significativo per livelli sonori maggiori di 65 dB(A), infine, il fattore di costo medico individuale è calcolato come:

$$C_{med\ persona} = \frac{0,08 \cdot CHI}{NoP_{>65dB(A)}}$$

dove $C_{med\ persona}$ è il costo medico individuale, *CHI* è il costo totale economico di malattie cardiache ed $NoP_{>65\ dB(A)}$ è il numero di persone esposte a livelli sonori maggiori da 65 dB(A).

Ai fini della stima del costo marginale del rumore, lo studio *Infras-Iww (2004)* considera tre diversi tipi di uso del territorio (rurale, urbano e suburbano), due diversi periodi temporali (giorno e notte) e due diverse condizioni di traffico (denso e non). Nel passare dall'ambito urbano a quello rurale si verifica infatti un aumento della distanza dalle sorgenti ed una diminuzione del livello sonoro (soprattutto nelle ore notturne), della densità di popolazione e degli effetti sugli individui esposti.

Congestione

Si tratta di una "esternalità di club" in quanto, a differenza delle altre esternalità, il costo di congestione è sostenuto anche da coloro che generano il danno e ciò, tra l'altro, determina difficoltà di equità nell'uso dei ricavi conseguenti all'applicazione di tariffe per il riequilibrio modale. Riguardo al trasporto stradale in ambito urbano, si stima in genere l'effetto più evidente del fenomeno ovvero le ore totali perse annualmente ed i relativi costi (metodo del *consumo di risorse* in termini di produttività). Evidentemente ciò comporta una sottostima del danno reale [11].

In realtà i costi del tempo di viaggio dipendono fortemente sia dalle caratteristiche socio-economiche degli individui (età, reddito, sesso, stato occupazionale, dimensione familiare, stile di vita), sia dagli attributi delle attività nel luogo di destinazione (es. durata) e di quelle precedenti al viaggio corrente, sia dalle caratteristiche delle aree interessate dagli spostamenti (dimensione, densità, struttura spaziale, livello di servizio).

Sebbene la ricerca presenti ancora numerose lacune circa la conoscenza di alcune delle suddette variabili [14], assumere i valori monetari forniti dalla Banca d'Italia rappresenta un'approssimazione accettabile.

Le caratteristiche dei principali studi in materia sono riassunti in Tab. 11.

Lo studio *Infras-Iww (2004)* adotta sostanzialmente l'approccio presente nel precedente rapporto.

In particolare esso considera tre indicatori della congestione:

- il "carico in eccesso" come misura dell'inefficienza infrastrutturale. Esso fornisce un'indicazione circa la riduzione del costo sociale ottenibile attraverso misure di internalizzazione delle esternalità generate dagli utenti;
- la misura del ritardo in senso ingegneristico, ovvero ottenuta associando il costo sostenuto dagli utenti al livello di servizio attuale;
- il ricavo atteso dall'internalizzazione del costo sociale marginale della congestione, il quale fornisce indicazioni circa il costo da sostenere per trasferire su altre infrastrutture il carico in eccesso e realizzare il surplus sociale.

Tabella 12 - Incidentalità

	Infras-Iww/Uic 2000	AdT /Conifarma 2000-2001	Csst-Istiee/ Anfia-Aci 2001
Impatti	Decessi feriti gravi feriti leggeri	Decessi invalidità perman. gg. limitazione attività per invalidità tempor. gg. degenza in strutt. sanitarie gg. perduti per assistenza feriti ore perdute per sinistri spese giudiziarie e di pronto intervento	Decessi feriti gravi feriti leggeri
Fattore correttivo decessi	no (solo denunce immediate)	+28% (decessi sanitari entro un anno)	no
Componenti economiche del danno stimate	Costi reali di terzi (strutture sanitarie, pronto intervento); valore della mancata produzione netta; valore del dolore	Costi reali di terzi (strutture sanitarie, pronto intervento); valore della mancata produzione per tempo perso (occupati e non); valore del dolore	Valore della mancata produzione
Valore decesso statistico	1,678 mln di Euro	3,1 mln di Euro	0,750 mln di Euro
Sottrazione costi già pagati	si (indennizzi)	si (premi assicurativi per danni alla persona e tassa sanitaria sui premi)	no

Incidentalità

I metodi di stima applicati sono generalmente due: quello del *costo esterno per unità di effetto* e quello del *consumo di risorse* in termini di perdita di produttività e spese sanitarie.

Tali metodi producono risultati diversi a seconda dei *sentieri di impatto* considerati, della modalità di contabilizzazione statistica del decesso, delle componenti economiche del danno valutate (mancata produzione, WTP per ridurre il rischio di incidente ecc.), dei valori di danno unitario applicati e dell'eventuale considerazione della componente di costo già scontata dagli utenti (assicurazione). Poiché la sottostima del numero di incidenti, morti e feriti desumibile dai rapporti della polizia stradale, dei carabinieri e delle polizie municipali inficia una corretta valutazione, ACI ed ISTAT suggeriscono una correzione mediante i seguenti coefficienti maggiorativi: 1,28 per il numero di morti ed 1,47 per il numero di feriti.

La valutazione dell'incidentalità in ambito ferroviario e soprattutto aereo risulta più complessa per il carattere aleatorio del fenomeno [11].

Le caratteristiche dei maggiori studi in materia sono riassunti in Tab.12.

Ad essi occorre aggiungere il progetto *UNITE* e lo studio *ECOPLAN 2002*.

Il primo assume che il costo totale degli incidenti sia in parte esterno ed in parte interno, considerando un'aliquota

Figura 5 - Metodologia adottata da Infrac-IWW (2004) per la stima del costo degli incidenti

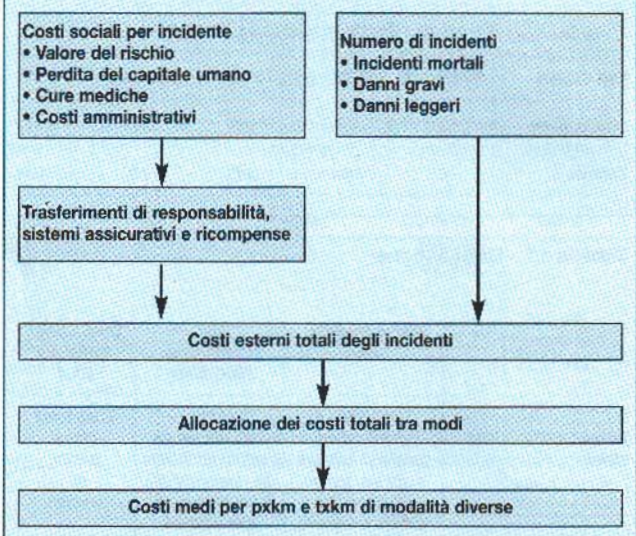


Tabella 13 - Metodologia adottata da Infrac-IWW (2004) per la stima del costo degli incidenti

COMPONENTI DEL COSTO ESTERNO DEGLI INCIDENTI

Effetto	Incidente	Danni
Valore del Rischio	Perdita di utilità delle vittime, sofferenza di amici e parenti	Pene e sofferenza di vittime, amici e parenti
Capitale umano perso	Perdita di produzione netta dovuta alla riduzione dell'attività lavorativa, costi di sostituzione	
Cure mediche	Costi esterni per cure mediche prima del decesso delle vittime	Costi esterni per cure mediche fino a completa guarigione
Costi amministrativi	Costi per polizia, amministrazione della giustizia ed assicurazione che non sono pagati dagli utenti del trasporto	
Danno alla proprietà	Non inclusi perché i danni materiali sono pagati da chi è coinvolto nel traffico attraverso l'assicurazione	

Tabella 14 - Valore del rischio

VALORE DEL RISCHIO PER INCIDENTE IN EURO 1.000

	Incidente	Danni	
		Danni gravi	Danni leggeri
Valore del Rischio	1.500	200	15

Fonte: INFRA/IWW 2000

esterna molto più bassa di quella adottata nello studio *Uic (2000)*.

L'entità dell'aliquota interna ed esterna del Valore del Rischio dipende dal diverso approccio adottato nei confronti di questa esternalità.

In particolare è possibile stimare il costo degli incidenti in una prospettiva di "sistema di trasporto" oppure in una prospettiva di "utente individuale": la prima implica che i costi siano esterni solo se non completamente coperti dagli

Tabella 15 - Costo dell'unità di inquinante - mortalità acuta

Costo dell'unità di inquinante (PM10)		(Euro)
Tasso di sconto 0%	Tasso di sconto 3%	Tasso di sconto 10%
12.877	11.080	7.926

Tabella 16 - Costo dell'unità di inquinante - mortalità cronica

Costo dell'unità di inquinante (PM10)		(Euro)
Tasso di sconto 0%	Tasso di sconto 3%	Tasso di sconto 10%
188.869	162.514	116.251

Tabella 17 - Risultati Amici della Terra

Valori monetari annuali per 1000 persone					
Leq dB(A)	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Euro/anno	55.000	219.000	547.000	1.095.000	2.065.000

Tabella 18 - Risultati Infrac-Iww (2004)

Valori monetari annuali per 1000 persone					
dB(A)	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
Strada, aereo (Euro/anno)	53.000	159.000	265.000	371.000	477.000
Ferrovia (Euro/anno)	0	53.000	159.000	265.000	371.000

Tabella 19 - Risultati di ulteriori studi sui costi del rumore

	Infrac-Iww/Uic 2000	AdT/Confitarma 2000-2001	Csst-Istee/Anfia-Aci 2001
Costo del rumore per livelli sonori maggiori di 75 dB(A)	425000	1771654	-

Tabella 20 - Risultati dei maggiori studi sui costi esterni degli incidenti

	Infrac Iww/Uic 2000	AdT/ Confitarma (2000-2001)	Csst-Istee/ Anfia-Aci 2001	Infrac Iww/Uic 2004
Valore decesso statistico (Euro)	1.678.000	3.100.000	750.000	1.500.000
Valore danno grave (Euro)	200.000	-	-	200.000
Valore danno leggero (Euro)	15.000	-	-	15.000

utenti del sistema stesso (es. costi di assistenza negli ospedali, costi gravanti sul bilancio pubblico), mentre la seconda assume che i costi esterni insorgano solo nel caso in cui chi causa l'incidente non ne copre tutti i costi.

Mentre UNITE adotta una prospettiva di "sistema di trasporto", lo studio ECOPLAN 2002 adotta una prospettiva di "utente individuale".

I due studi differiscono inoltre nella fase di allocazione dei costi alle diverse categorie veicolari: UNITE si basa su dati relativi alle "vittime prodotte", che possono richiedere o meno il ricovero ospedaliero, mentre ECOPLAN 2002 su

dati relativi alla responsabilità di chi causa il danno [5].

Le componenti di costo stimate e la metodologia applicata nello studio *Infrac-Iww (2004)* sono schematizzate in Tab. 13 ed in Fig. 5.

La perdita di produzione considerata è quella netta, ovvero quella lorda meno i consumi futuri mutuati dal database EUROSTAT; la stima, inoltre, esclude i costi assicurativi.

Il Valore del Rischio applicato in caso di morte, peraltro considerato interamente esterno, è pari a 1,5 milioni di Euro a persona, valore medio desunto da numerosi studi di WTP che *Infrac-Iww (2004)* corregge sulla base del PIL pro capite di ciascun Paese considerato; il Valore del Rischio di danni materiali è un'aliquota del precedente (Tab.14).

Considerazioni conclusive

La monetizzazione delle principali esternalità del trasporto può ricondursi a quattro metodi: il metodo delle spese difensive, del prezzo edonico, del costo esterno per unità di causa o effetto e del consumo di risorse. Essi si basano sulla stima della WTP/WTA collettiva che, malgrado presenti numerose incertezze, rappresenta ancora oggi un caposaldo dell'analisi.

Sebbene l'approccio bottom up, permettendo di stimare i costi esterni marginali del trasporto, garantisca un confronto più rigoroso fra le diverse modalità, la tendenza attuale consiste nel valutare i costi esterni totali e medi del trasporto attraverso un approccio top down, a causa delle minori difficoltà nel reperire i dati.

La stima dei costi esterni dell'inquinamento atmosferico si basa soprattutto sull'applicazione di funzioni dose-risposta, a conferma dell'attuale tendenza a fondare l'analisi su solide basi scientifiche; la scelta di tali funzioni influenza enormemente i risultati delle analisi, confrontabili peraltro solo a valle di una disamina di situazioni, tipologie di costi, esternalità, sentieri di impatto, ipotesi secondarie usate nella struttura dei modelli e metodi di valutazione economica adottati dai diversi studi in materia.

Il costo dovuto all'unità di inquinante, calcolato mediante il coefficiente dose-risposta mutuato da studi di tipo prospective cohort, è riportato nelle Tabelle 15 e 16. Sulla base dello studio ExternE/CE (1999), la stima è stata ottenuta assumendo un numero di anni di vita attesa persi pari a 0,75 per la mortalità acuta ed a 11 per la mortalità cronica; anche il valore di un anno di vita attesa perso (VOLY) è stato mutuato dal medesimo studio.

Riguardo al rumore, l'applicazione del metodo del costo esterno per unità di causa comporta, su un campione di mille individui, i risultati presenti in Tab.17, Tab.18 e Tab.19.

Si suggerisce tuttavia di mettere a punto metodologie che considerino la frequenza di esposizione dei ricettori fra i maggiori parametri che influenzano il danno prodotto da una fonte.

I valori prodotti da *Infrac-Iww (2004)* vanno sommati a quelli ottenuti dalla stima delle spese mediche e dall'appli-

cazione del Valore del Rischio. Essi sono pari rispettivamente a 6.000.000 Euro (considerando che il costo totale annuo per malattie cardiache relativo a mille persone sia pari a 75.000.000 Euro) e 1.500.000.000 Euro.

L'applicazione del *metodo del prezzo edonico* per la stima del costo esterno del rumore in riferimento ad un'abitazione di 100 mq comporta un valore pari a 1.105 Euro per 1 dB(A) in eccesso rispetto alla soglia base; nella stima ci si è riferiti ad un valore del prezzo edonico pari a quello medio europeo (0,65%) e ad un prezzo annualizzato di ciascuna abitazione pari a circa 170.000 Euro.

Riguardo al costo unitario degli incidenti, i risultati dei maggiori studi sono riassunti in Tab. 20.

Ai costi, riportati in tabella, stimati dallo studio *Infras-Iww (2004)* occorre sommare quelli amministrativi e quelli relativi al capitale umano perso ed alle cure mediche.

Si auspica infine l'implementazione di modelli che stmino l'influenza della congestione su altre esternalità, come inquinamento atmosferico ed incidentalità.

Per quanto attiene l'applicazione delle metodologie di stima discusse, è di fondamentale importanza, al fine di delineare politiche di intervento efficienti, la determinazione di quanto già internalizzato attraverso la fiscalità gravante su alcuni modi di trasporto e i sussidi di cui altri talvolta si avvantaggiano.

Bibliografia

- [1] SÆLENSMINDE K. (2004), "Cost-benefit analyses of walking and cycling track networks taking into account insecurity, health effects and external costs of motorized traffic", *Transportation Research Part A* 38 p. 593-606.
- [2] PETRUCCELLI U., CARBONE C., "Valutazione dei costi esterni di trasporto, atti del Seminario scientifico della Società Italiana Docenti di Trasporti" su *Limiti e prospettive del trasporto ferroviario delle merci*, Roma, 24 Settembre 2004, Franco Angeli (in stampa);
- [3] CAPPELLI A., PETRUCCELLI U., CARBONE A.M. (2004), "Metodologie di indagine per la calibrazione della funzione di utilità percepita del trasporto merci", *Trasporti e Territorio*, Eupalino, Milano, n°3.
- [4] CENTRO STUDI FEDERTRASPORTO (2002), "Fisco e pedaggi per ridurre i costi del trasporto: la metodologia", *Bollettino economico sul settore dei trasporti* n. 12, Parte I: Le stime dei costi esterni del trasporto.
- [5] INFRAS-IWW (Ottobre 2004), *External costs of transport - Update study - Final Report*, Zurich / Karlsruhe (www.ricerchetrasporti.com).
- [6] FORKENBROCK D. J. (1999), "External costs of intercity truck freight transportation", *Transportation Research Part A* 33 p. 505-526.
- [7] A.A.M DE LEEUW F., MOUSSIOPOULOS N., SAHM P., BARTONOVA A. (2001), "Urban air in larger conurbations in the European Union", *Environmental Modelling & Software* 16 p. 399-414.
- [8] DANIELIS R., ROTARIS L. (2001), "Il costo dell'inquinamento atmosferico e del rumore in Italia", da *I costi e benefici esterni del trasporto*, ANFIA-ACI, Torino.
- [9] BORRUSO G., DANIELIS R., ROTARIS L. (2001), "Metodologia per la stima del costo dell'inquinamento atmosferico e del rumore", da *I costi e benefici esterni del trasporto*, ANFIA-ACI, Torino.
- [10] PGTL 2001, "Metodi di valutazione dei costi esterni dei trasporti", All. 15.2 al Capitolo 15 *Verso la Valutazione Ambientale Strategica del Nuovo Piano Generale dei Trasporti*.
- [11] AMICI DELLA TERRA - FS (2002), *I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia - Quarto Rapporto*.
- [12] HIGH LEVEL GROUP (1999), *Calculating transport environmental costs, Final report of the expert advisors to the High Level Group on infrastructure charging* (Working Group 2).
- [13] TRENITALIA, *Rapporto Ambientale 2001*.
- [14] MOKHTARIAN P.L., CHEN C. (2003), "TTB or not TTB, that is the question: a review and analysis of the empirical literature on travel time (and money) budgets", *Transportation Research Part A* 38 p. 643-675.