



CENTRO
PER LO SVILUPPO
DEL POLO DI PIACENZA

TT &

3

settembre
2007

TRASPORTI & TERRITORIO

Scienze, Tecnologie, Politiche per la mobilità



*La stima del costo sociale medio degli incidenti stradali:
metodologie e valori
Umberto Petrucci*

*La puntualità dei collegamenti ferroviari
nell'area di Palermo
Salvatore Amoroso - Saro Battaglia*

*Pavimentazione a rigidità crescente
per interporti e piazzali portuali
Susanna Lambrugo*

*Modelli di stima delle emissioni sonore prodotte
in ambito urbano da veicoli di trasporto collettivo
Domenico Gattuso - Salvatore Santoro*



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 dei Referees

prof. Angela Bergantino, prof. Andrea Boitani,
prof. ing. Agostino Cappelli, prof. arch. Alessandro
Fubini, prof. ing. Domenico Gattuso,
prof. ing. Marino Lupi, prof. ing. Gabriele Malavasi,
prof. arch. Maria Rosa Vittadini

Comitato di Consulenza

dr. ing. Marco Barra Caracciolo, 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 e redazione editoriale

Eupalino Srl
Sede legale: Via B. Eustachi, 22 - 20129 Milano
Uffici: Via Francesco Rezzonico, 2 - 20135 Milano
Direttore Editoriale: Francesco Vecchi
Tel. 02 36510045 - Fax 02 36510046
e-mail: eupalino@fastwebnet.it

Abbonamenti

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

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

ISSN 1723-7432

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 giugno 2007 da

Grafica C. & P. S.r.l. - Via dell'Artigianato, 7

23875 Osnago - LC

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'inoltro 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 20 - Numero 3 - Settembre 2007

**103 La stima del costo sociale medio degli incidenti stradali:
metodologie e valori**

*The valuation of the road accident average social cost:
methods and values*

Umberto Petrucci, *Università della Basilicata - Dapit - Potenza*

**117 La puntualità dei collegamenti ferroviari nell'area di Palermo
Punctuality of railway services in Palermo area**

Salvatore Amoroso, *Ordinario di Teoria e tecnica della circolazione,
Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti, Università di Palermo*
Saro Battaglia, *Dottore di ricerca in Tecnica ed economia dei trasporti,
Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti, Università di Palermo.*
Dal 2003 in servizio presso Rete Ferroviaria Italiana - Direzione Commerciale -
Programmazione orari, Roma

**126 Pavimentazione a rigidità crescente per interporti e piazzali portuali
An increasing stiffness pavement for multimodal terminals and ports**

Susanna Lambrugo, *DIAR Sez. Infrastrutture Viarie - Politecnico di Milano*

**131 Modelli di stima delle emissioni sonore prodotte
in ambito urbano da veicoli di trasporto collettivo
Models evaluating noise emissions in urban areas
produced by public transport vehicles**

Domenico Gattuso, *Docente Università Mediterranea di Reggio Calabria;*
Salvatore Santoro, *Ingegnere Libero professionista.*

LIBRI

140 Una politica per i trasporti italiani

Marco Ponti, *Percorsi N. 108, Editori Laterza*

In copertina: Intercity a Nuova Delhi (foto Maurizio Fantini).

La stima del costo sociale medio degli incidenti stradali: metodologie e valori

The valuation of the road accident average social cost: methods and values

Umberto Petrucci, Università della Basilicata – Dapit - Potenza

Il presente studio esamina, arricchendolo di alcune elaborazioni e riflessioni, lo stato dell'arte sulle metodologie di stima del costo medio degli incidenti stradali e sui valori conseguiti in alcuni paesi oltre che in Italia. La finalità è quella di fornire delle indicazioni circa gli ordini di grandezza da adottare nelle valutazioni dei progetti di trasporto e promuovere una riflessione di tipo metodologico nonché proporre ulteriori spunti di approfondimento sul tema, dal momento che a tutt'oggi non si dispone di valori sufficientemente attendibili e generalizzabili. Il primo paragrafo riferisce dello sviluppo della metodologia dagli anni '50 ad oggi sottolineando come l'elemento del costo di incidente più difficilmente determinabile è rappresentato dal costo sociale dei morti e dei feriti. Si esamina quindi, nel secondo paragrafo, lo stato dell'arte circa il valore della vita statistica proponendo un confronto critico dei valori adottati per differenti finalità nei più importanti paesi del mondo e dell'Unione Europea. Quanto attiene all'Italia sul tema è discusso nel paragrafo tre, dove si raccolgono e analizzano i risultati di uno specifico studio allegato al Conto Nazionale dei Trasporti 2004. L'articolo si conclude con alcune elaborazioni di sintesi e considerazioni finali presentate nel paragrafo 4.

This paper examines the state of the art about the valuation methods of the road accidents average social cost and about its worked out values in some countries besides Italy.

The aim is to give some directions about the values orders of magnitude to adopt in the transportation project evaluations and also to forward some methodological considerations and widening cues about the topic, seeing as to date we do not have adequately reliable and generalizable values.

The first section reports the progress of the methodology from the '50 years to the present, stressing that the social cost of dead and injured is the more hardly computable cost element of the road accidents. Then, in the section 2, we examine the state of the art about the value of statistical life, advancing a critical comparison of the values adopted, with various purposes, in the most important world countries and in the European Union. What refers to Italy about the topic is discussed in the section 3, where we collect and analyze the results of a specific study attached to the Italian "Conto Nazionale dei Trasporti" 2004. The paper ends with some data processing and final remarks stated in the section 4.

1. Le metodologie generali

La stima del valore monetario degli incidenti stradali è necessaria per applicare l'analisi benefici - costi a tutti quegli investimenti nel settore dei trasporti da cui ci si attende una riduzione del rischio di incidente. Pertanto tale stima, oltre a risultare indispensabile per la valutazione di interventi, programmi e piani di sicurezza stradale, riveste un ruolo di grande importanza anche nell'analisi di programmi di manutenzione stradale e di progetti di moderazione del traffico, che come è noto incidono sensibilmente sulla sicurezza, nonché di investimenti pubblici su sistemi di trasporto diversi da quello viario in grado di influire indirettamente sulla sicurezza stradale come conseguenza di una riduzione dei flussi veicolari.

È da ricordare tuttavia che l'applicazione dell'analisi benefici - costi agli interventi e alle politiche di sicurezza stradale solleva tuttora almeno due ordini di critiche (Elvik, 2003). La prima è che questa tipologia di analisi sconta l'esistenza di una domanda per i beni di cui si valutano incremento (benefici) e decremento (costi) e spesso non c'è

domanda per la riduzione del rischio su strada; l'altra critica consiste nel ritenere immorale l'eventuale mancata attuazione di interventi o politiche di sicurezza qualora questi non superino l'analisi benefici - costi.

L'approccio alla stima del costo dell'incidentalità è progressivamente evoluto dalle prime applicazioni effettuate negli USA ed in Gran Bretagna negli anni '50 ad oggi. All'inizio le valutazioni economiche degli incidenti stradali si avvalevano soltanto dell'approccio del capitale umano (*Human - capital approach* HCA) (Elvik, 1995), secondo il quale il danno conseguente a decessi, invalidità permanenti o momentanee corrisponde al valore attualizzato della produzione netta persa dalle persone coinvolte.

Negli anni '60 - '70 si continuò ad adottare lo stesso approccio passando tuttavia dalla produzione netta a quella lorda, evitando cioè di sottrarre, dalla mancata produzione della vittima, i mancati consumi e quindi configurando questi ultimi come una misura del valore della vita umana oltre la eventuale capacità produttiva ad essa connessa. La differenza è rilevante se si pensa che la produzione netta è

stimata intorno al 20% di quella lorda negli incidenti mortali per raggiungere il 50% in presenza di feriti non gravi (Commissione Europea, 1999).

Successivamente, intorno agli anni '70 - '80, venne evidenziato da molti economisti (Elvik, 1995) come il valore strettamente economico della vita umana, e quindi la valutazione basata sull'approccio del capitale umano, risultasse incompatibile con i principi dell'analisi benefici - costi che tiene conto delle conseguenze anche non strettamente monetarie dei progetti esaminati. Peraltro l'approccio del capitale umano implica l'evidente paradosso che, dal punto di vista sociale, la vita di una casalinga non ha alcun valore e quella di un pensionato ha addirittura un valore negativo.

Tutto ciò ha fatto progressivamente propendere verso la stima del valore della vita umana attraverso l'approccio della disponibilità a pagare (*willingness to pay WTP*) individuale o collettiva per la riduzione del rischio di incidente. Tuttavia questo approccio non consente a tutt'oggi stime esenti da critiche in conseguenza delle note difficoltà di rilevare valori affidabili da indagini WTP e pertanto non è adottato in tutti i paesi. Per di più alcuni paesi limitano tuttora la stima del costo di morti a feriti al valore calcolato sulla base del capitale umano (Elvik 1995).

Un'analisi delle metodologie adottate in molti paesi europei è stata condotta nel progetto COST 313 (Commissione Europea, 1994) che ha stimato il costo socio-economico degli incidenti stradali in 14 paesi (Austria, Belgio, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Lussemburgo, Norvegia, Olanda, Portogallo, Spagna, Svezia, Svizzera e Gran Bretagna). Lo studio ha evidenziato le notevoli differenze di livelli di costo e di metodologie fra i diversi paesi; in particolare sono stati distinti tre metodi di valutazione:

- Il metodo del costo di reintegro o riparazione basato sul valore di tutti i beni di mercato che è necessario rimpiazzare o riparare perché persi o danneggiati nell'incidente nonché tutti gli altri costi connessi alla gestione anche amministrativa dell'incidente.

- L'approccio del capitale umano che misura la perdita per la società della capacità produttiva in conseguenza del decesso o delle lesioni sofferte dalle persone; si distinguono tre varianti: perdita della produzione lorda, perdita della produzione netta, valore dell'aspettativa di vita persa comprensiva sia degli anni di lavoro, sia del tempo libero persi; l'approccio in questione può anche interpretarsi come caso particolare di quello del reintegro relativamente alla riparazione del danno conseguente alla perdita della vita umana o al degradarsi della sua qualità per effetto di lesioni o invalidità.

- L'approccio della disponibilità a pagare sia individuale che collettiva.

È indubbio che, sia il metodo del reintegro, sia l'approccio del capitale umano tendano a sottostimare il valore del costo umano degli incidenti, in quanto non consentono di tenere conto degli aspetti non strettamente economici della vita umana e cioè del valore delle gioie connesse alla vita e della sofferenza fisica e morale sopportata dagli infortunati nonché del dolore dei parenti delle vittime.

Tuttavia bisogna riconoscere a tali approcci una discreta affidabilità e oggettività conseguente alla chiarezza delle ipotesi di base e inconfutabilità dei dati di partenza ed è quindi possibile utilizzarli in modo integrato con quello della disponibilità a pagare ottenendo dall'applicazione dei primi almeno un valore minimo.

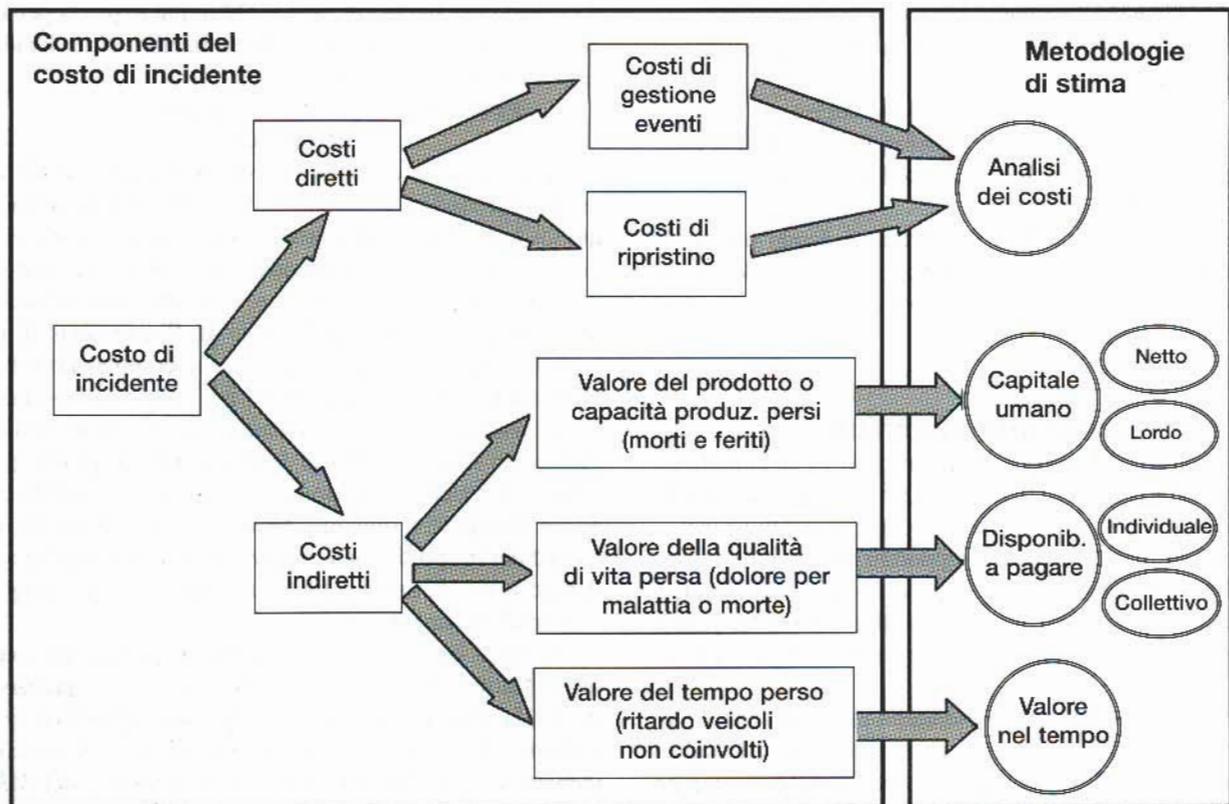
Sotto l'aspetto operativo è opportuno suddividere le diverse voci di costo dell'incidente in costi diretti ed indiretti. I primi sono quelli direttamente imputabili all'incidente tra i quali possiamo distinguere i costi di gestione dell'evento (amministrativi, legali, assicurativi, funebri, ecc.) e di ripristino dei danni (danni alla proprietà, rimozione relitti, costi sanitari, di riabilitazione, di pronto soccorso, ecc.). Tra i costi indiretti si possono distinguere tre tipologie: la prima è rappresentata dal valore del prodotto o della capacità produttiva persi in conseguenza di decessi, invalidità parziale o totale, temporanea o definitiva; per gli oggetti è necessario tener conto inoltre, in questa tipologia di costo, della perdita di produttività conseguente alla indisponibilità degli stessi durante il periodo di riparazione che tuttavia, per quanto attiene le metodologie di stima, è preferibile associare ai costi diretti di ripristino dei danni; la seconda tipologia consiste nel valore monetario della perdita di qualità di vita conseguente al dolore e alla sofferenza associate alla malattia e alla morte e il valore della vita persa per se stessa al di là della capacità produttiva; la terza contempla il valore del tempo perso dagli utenti della strada non direttamente coinvolti nei sinistri per effetto dei rallentamenti causati da tali eventi.

Più difficile risulta l'attribuzione delle diverse voci sopra citate alle categorie di costi interni ed esterni. Tale suddivisione è in genere finalizzata ad individuare quali costi non gravano su chi li causa con il fine ultimo di rendere possibile la definizione di eventuali misure di internalizzazione. Nella letteratura che tratta delle esternalità si è soliti indicare come costi interni quelli direttamente sopportati dagli utenti del sistema e come costi esterni tutti quelli a carico dei non utenti o della collettività nel suo complesso. Tale definizione è evidentemente appropriata se riferita ai sistemi di trasporto, potendosi comunque, all'interno di questo, distinguere facilmente gli utenti o un gruppo di utenti di un sistema detto "club" da tutti gli altri non appartenenti allo stesso gruppo.

Anche ai fini di una eventuale internalizzazione, appare appropriata la suddivisione proposta dalla letteratura sulla sicurezza stradale che definisce esterni quei costi che un gruppo di utenti della strada impone ad un altro gruppo coinvolgendolo nell'incidente o ad altri gruppi di persone non coinvolte (Miller e Blewden, 2001).

Seguendo l'approccio di Elvik (1995) si possono definire interni tutti i costi derivanti a coloro (i soli guidatori) che causano gli incidenti e costi esterni tutti gli altri, essendo comprese fra questi ultimi sia le persone trasportate nel veicolo che ha causato l'incidente sia guidatori e trasportati delle altre auto coinvolte, sia utenti del sistema non coinvolti a cui derivano di solito danni in termini di ritardi e indisponibilità del sistema per un certo tempo, sia la collettività. A tal proposito è opportuno osservare che il tempo

Figura 1.1 – Componenti il costo di incidente e relative metodologie di stima



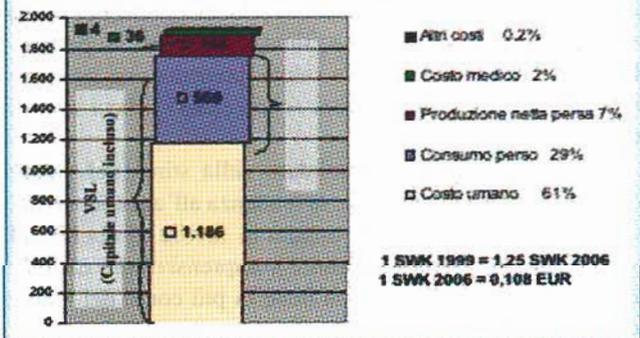
perso per effetto del rallentamento imposto dall'incidente ai veicoli non coinvolti direttamente costituisce un caso particolare del fenomeno della congestione che è di solito indicato in letteratura come esternalità di club in quanto limitata ai soli automobilisti interessati e cioè ad un "club".

La suddivisione proposta da Elvik non è esente da critiche, atteso che anche la sussistenza economica della famiglia del responsabile dell'incidente eventualmente deceduto nonché i costi dell'invalidità temporanea e permanente e i costi sanitari anche di quest'ultimo sono sopportati almeno in parte dalla collettività e quindi andrebbero computati in quota tra i costi esterni.

A rendere meno netta la suddivisione fra costi interni ed esterni contribuiscono in particolare i risarcimenti da parte delle assicurazioni e le spese sanitarie e di gestione dell'evento: innanzitutto non si conosce con esattezza in che misura i primi riescano realmente a ripagare il danno in termini di perdita o riduzione del livello di qualità della vita conseguenti ai decessi o alle invalidità; per altro verso bisogna notare che gli importi pagati dalle assicurazioni come risarcimenti gravano sui premi assicurativi versati dagli utenti del sistema stradale e quindi tali importi misurano una esternalità di club, mentre una ripartizione delle spese sanitarie e di gestione dell'evento fra costi esterni, interni o esterni di club dipende dai meccanismi, diversi nei vari paesi, che distribuiscono i costi sanitari e di gestione fra il responsabile dell'incidente, le assicurazioni e la collettività.

Lo schema di figura 1.1 sintetizza la suddivisione fra costi diretti ed indiretti sopra esposta e le corrispondenti

Figura 1.2 – Costo medio di un incidente in Svezia (Tarwén et al., 2002)



metodologie di stima.

I diversi elementi in cui è possibile scindere il costo complessivo di un incidente pesano in modo differente. Un esempio del peso relativo di tali elementi si può trarre da Tarwén et al. (2002) relativamente alla Svezia (figura 1.2).

Sostanzialmente simile è la suddivisione fra le diverse voci di costo individuate da altri studiosi (Zaloshnja E., Miller T.R., 2004), e in particolare:

- costi medici, comprensivi di ambulanza, pronto soccorso, medici, degenza ospedaliera, riabilitazione, medicinali e relative terapie;
- costo dei servizi di emergenza tra i quali polizia, vigili del fuoco, carro attrezzi;
- danni alle proprietà (veicoli coinvolti ed eventuali altri oggetti danneggiati);

- perdita di produttività che include:
 - retribuzioni, benefici accessori, lavoro perso dalle persone coinvolte e dai familiari,
 - costi di gestione delle compensazioni per la perdita di produttività,
 - perdita di produttività di coloro che subiscono rallentamenti causati dall'incidente ed esclusi il reddito perso dalle famiglie e dagli amici che assistono il ferito nonché il valore dei giorni di scuola persi;
- perdita di qualità della vita ottenuta dando un valore monetario alla salute che si riduce col peggiorare delle condizioni di quest'ultima fino al valore zero in corrispondenza della morte.

2. Il valore della vita statistica

Allo scopo di separare, all'interno del costo complessivo dell'incidentalità stradale, gli elementi più difficilmente calcolabili, è possibile operare la seguente suddivisione:

- costi monetari cioè quelli sopportati per riparare o sostituire beni di mercato danneggiati o distrutti dall'incidente e per pagare i servizi resi necessari dall'incidente (di pronto soccorso sanitari, di gestione dell'incidente, legali, assicurativi, di polizia, ecc.);
- costi non monetari rappresentativi dei danni che attono a beni non di mercato come la vita umana e la salute in conseguenza di decessi o ferimenti, nonché del tempo perso dagli occupanti dei veicoli per effetto dei rallentamenti causati dagli incidenti.

I costi non monetari vanno comunque monetizzati per poterli portare in conto nelle analisi economiche anche perché rappresentano di solito l'aliquota maggiore del costo complessivo di incidente. La stima di tali costi, in particolare della vita umana e della salute, presenta una notevole incertezza proprio perché essi sono relativi a beni non di mercato.

L'approccio ormai consolidato nella stima del valore della vita umana fa registrare la tendenza all'abbandono del criterio basato sul capitale umano in favore di quello del valore statistico. Quest'ultimo è comprensivo del capitale umano connesso alla vita ma tiene in più conto del valore della vita e della buona salute di per se stesse.

Come è noto, il valore statistico della vita (*value of statistical life -VSL*) coincide con la disponibilità a pagare (*willingness to pay WTP*), non già per avere certezza di guadagnare anni della propria vita (per la quale la *WTP* è certamente elevatissima), ma per ridurre il proprio rischio di morte (*mortality risk ratio MRR*), il che evidentemente implica la probabilità di vivere più a lungo ma non la certezza.

Il concetto può risultare più chiaro ragionando in termini di disponibilità ad accettare (*willingness to accept WTA*). Una persona a cui è associata una probabilità di morte *M* conseguente all'età, all'attività condotta, allo stato di salute, allo stile di vita, ecc., accetta le conseguenze di un'azione che comporta un aumento della propria probabilità di morte pari a ΔM nel momento in cui tale svantaggio è compensato da un aumento della propria ricchezza (da inten-

dersi in senso non strettamente monetario) pari almeno a ΔP . Naturalmente, come già sottolineato in termini di *WTP*, l'aumento del rischio di morte ΔM implica, per la persona che lo accetta, un aumento delle probabilità di un incidente fatale e non la certezza.

Per l'individuo in questione il rapporto

$$T = \Delta P / \Delta M$$

rappresenta un accettabile valore di scambio (*trade-off*) relativo al rischio associato con la determinata azione e quindi è una misura del proprio *VSL*. Naturalmente ciò è vero in termini quantitativi solo nell'ipotesi che lo stesso individuo sia in grado di stimare con sufficiente attendibilità la propria probabilità di morte *M*, l'incremento di tale probabilità conseguente all'azione che compie ΔM e l'aumento della propria ricchezza ΔP per effetto dell'assunzione del rischio. Ciò evidentemente si realizza molto difficilmente, sia relativamente ad *M* che a ΔM , in quanto grandezze statistiche non immediatamente percepibili, ma anche per quanto riguarda ΔP che il più delle volte, nel campo dei trasporti, non è rappresentato da un guadagno in denaro bensì da un risparmio di tempo o da un maggiore confort difficilmente monetizzabili.

È altresì noto che la disponibilità di un bene ne condiziona l'utilità di ulteriori quantità e quindi il prezzo di domanda. Poiché anche la probabilità di sopravvivenza è un bene e il rischio di morte per un certo verso il suo complementare, più basso è il livello di partenza del *MRR*, minore è *WTP* per ridurlo e minore la *WTA* per aumentarlo (valore di scambio basso per l'unità di rischio); più alto è l'*MRR* di partenza, maggiore è la *WTP* per ridurlo e maggiore la *WTA* per aumentarlo (alto valore di scambio dell'unità di rischio). Il valore di scambio di una unità di *MRR* dipende quindi dalla situazione di partenza e quindi la funzione $VSL = VSL(MRR)$ è presumibilmente crescente con *MRR* in modo più che lineare.

Tale andamento lascerebbe pensare che la *WTP* aumenti con l'aumentare dell'età delle persone in quanto con l'età aumenta *MRR* e pertanto si attribuisce un valore più elevato alla vita. Se questo meccanismo trova una certa conferma nel comportamento generalmente più prudente (nella guida come in qualsiasi altra attività quotidiana alla quale è associato un rischio di incidente mortale o non) delle persone più anziane, è tuttavia smentito dagli studi internazionali citati poco più avanti. È probabile infatti che i comportamenti più prudenti che si rilevano negli individui anziani siano connessi ad una maggiore coscienza del rischio che si corre e delle relative possibili conseguenze piuttosto che al naturale aumento dell'*MRR* che interviene in ciascun individuo col passare degli anni; quindi alla possibilità di ridurre il valore aggiuntivo del *MRR* associato ad una determinata azione corrisponde un valore tanto minore quanto più la vita umana si avvicina, per limiti di età, alla sua naturale conclusione.

Numerosi studi hanno mostrato che il *VSL* è funzione decrescente dell'età anche se il valore di ogni anno di vita può crescere con l'età (Rosen, 1988); probabilmente un *VSL* decrescente con l'età si giustifica tra l'altro con progressivo deterioramento della qualità della vita e quindi del valore ad

essa oggettivamente attribuibile. A conferma di ciò Rosen (1988) ha riscontrato che il valore del *VSL* per un individuo di 48 anni è del 10% inferiore a quello di uno di 36.

Per un maggiore livello di dettaglio, certamente superfluo in analisi di tipo macro economico o trasportistico, è possibile aggiustare il *VSL* sull'aspettativa di vita individuale attraverso una opportuna attualizzazione; avvalendosi di tavole attuariali si può calcolare l'aspettativa di vita per un individuo di età media e quindi sviluppare stime del valore dell'anno di vita utilizzando un opportuno tasso di sconto.

Un aspetto da tenere in grande considerazione nelle indagini per stimare il *VSL* è la variabilità di quest'ultimo in conseguenza dell'*effetto scala* e dell'*effetto contesto* circa i quali tuttavia esiste un limitato supporto scientifico (Commissione Europea, 1999). Il primo tende a far attribuire una importanza maggiore agli incidenti con numerosi morti aumentando la *WTP* per evitarli e conseguentemente il *VSL*; si manifesta, per esempio, attraverso la maggiore avversione nei confronti di un incidente che causa 10 morti rispetto a 10 incidenti che causano un morto ciascuno, e costituisce, di fatti, nella scelta modale, un elemento di vantaggio per il trasporto individuale rispetto a quello collettivo e in particolare rispetto al trasporto aereo dove il numero di morti per ogni incidente è molto alto. L'*effetto contesto* sembra influenzare la gravità percepita degli incidenti ed è correlato al controllo del rischio da parte dell'utente e al proprio livello di responsabilità nel rischio; ciò ancora una volta avvantaggia il trasporto privato rispetto a quello collettivo poiché limita la gravità dei sinistri percepita dall'utente che ritiene, in parte a ragione, di poter ridurre il proprio rischio personale con un comportamento più attento e prudente.

Sicuramente più importante, al fine di poter trasferire da un paese ad un altro il valore del *VSL*, è la misura della sensibilità di tale parametro al reddito. Le cause di questa relazione sono molteplici e vanno dalle influenze culturali alla sensibilità al rischio ma il motivo principale risiede nel fatto che la sicurezza è un normale bene, come mostrato in numerosi studi, e quindi risente delle condizioni di mercato. Molti studi hanno messo in relazione il *VSL* con il reddito pro-capite ottenendo una elasticità del *VSL* con il reddito abbastanza differente da caso a caso.

Liu et al. (1997) hanno ricavato un valore molto basso dell'elasticità pari a 0,53; un valore ancora inferiore (0,46) è stato ricavato da Mrozek e Taylor (2002) attraverso quattro diversi modelli. Miller (2000) ha messo a confronto più di 60 studi di prezzo del rischio basati sulla valutazione contingente ottenendo valori statisticamente significativi dell'elasticità compresi fra 0,85 e 0,96. Bowland e Beghin (2001) attraverso un'analisi di 33 studi di prezzo del rischio e di valutazione contingente hanno ottenuto valori dell'elasticità compresi fra 1,7 e 2,3.

Al fine di approfondire le relazioni fra reddito e *VSL* rilevato attraverso la *WTP*, Viscusi e Aldy (2003) hanno sviluppato un'analisi basata su 49 studi condotti negli USA e in altri paesi ottenendo un range molto stretto per il valore dell'elasticità che risulta compresa fra 0,5 e 0,6, con

Tabella 2.1 – Elasticità rispetto al reddito della *WTP* per ridurre il rischio di mortalità

Publicazione (modello)	Elasticità da pubblicazione	Elasticità con lo stesso modello rielaborato da Viscusi -Aldy
Liu et al. (1997) (Formula 2)	0,53	0,51(*) (0,21 – 080)
Miller (2000) (Modello 3)	0,89	0,53(*) (0,20 – 0,86)
Mrozek e Taylor (2002) (Modello 2)	0,46	0,52 (-0,18 – 1,22)
Bowland e Beghin (2001)	1,66	0,61(*) (0,11 – 1,10)

(*) Elasticità basata su un coefficiente statisticamente significativo al livello del 1%. L'intervallo in parentesi rappresenta l'intervallo di confidenza del 95% intorno al punto stimato per l'elasticità.

limiti superiori corrispondenti all'intervallo di confidenza del 95% che cadono al di sotto del valore 1. La diversità del risultato rispetto ad altri studi è motivato dagli stessi autori con l'aver utilizzato solo due tecniche di regressione, cioè quella ordinaria dei minimi quadrati e quella robusta con i pesi di Huber. I risultati del lavoro in questione, che sono certamente fra i più affidabili per il gran numero degli studi su cui esso si basa, sono tra l'altro in linea con i valori suggeriti dalle maggiori istituzioni mondiali quali la U.S. Environmental Protection Agency (EPA 1999 e 2000) che ha adottato valori dell'elasticità pari a 0,4 per alcune recenti analisi. I risultati del lavoro di Viscusi, relativamente a questo aspetto, sono sintetizzati nella tabella 2.1.

Un recente studio condotto in India (Bhattacharya et al. 2007) ha evidenziato una sensibilità del *VSL* oltre che al reddito anche alla esposizione al rischio, rilevando un innalzamento del *VSL* per le persone che viaggiano quotidianamente per lavoro e per i guidatori di veicoli a due ruote notoriamente a maggior rischio di incidente rispetto ad altre categorie di individui. Inoltre si sono ottenuti valori molto più elevati del *VSL* fra le persone che sono i probabili beneficiari di eventuali interventi di riduzione del rischio confermando una maggiore sensibilità al rischio da parte delle persone più esposte. La stessa indagine ha evidenziato una elasticità del *VSL* con il livello di istruzione, rilevando valori della elasticità pari a 0,80 per gli intervistati con diploma di scuola superiore contro un valore medio di 0,50 riscontrato sull'intero campione. Poiché invece nessuna differenza sensibile di elasticità è stata notata fra gli intervistati diplomati e quelli laureati, l'interpretazione del fenomeno lascia propendere più verso una difficoltà da parte degli intervistati con livello di istruzione bassa a valutare il rischio piuttosto che verso una effettiva elasticità del *VSL* con il livello di istruzione.

Il valore del *VSL* non può essere ricavato attraverso indagini dirette, atteso che molto difficilmente l'intervista-

to è in grado di esprimere il valore che egli attribuisce ad un incremento o decremento del rischio di morte. Normalmente il *VSL* è rilevabile invece attraverso le scelte effettuate o simulate nel mercato del lavoro o nel mercato dei beni di consumo. Nel primo caso si cerca di ricavare la relazione fra compenso e rischio di fatalità nelle diverse attività, nel secondo caso la relazione fra il prezzo di domanda e la capacità di incidere sulla sicurezza proprie di alcuni beni o caratteristiche di beni di mercato.

Molti studiosi hanno effettuato stime del *VSL* fin dagli anni '70 e '80 ottenendo valori che, opportunamente attualizzati, risultano tanto più elevati quanto più ci si avvicina all'attualità. Ciò è conseguenza del progressivo passaggio dall'approccio basato sul capitale umano a quello basato sulla *WTP* e della sensibile dipendenza di tale disponibilità a pagare dal reddito e dalla qualità della vita nel suo complesso, cresciuti progressivamente da trenta anni a questa parte. Negli USA esiste una grande tradizione di studi economici finalizzati alla stima del *VSL* anche perché da oltre venti anni le amministrazioni hanno imposto la redazione di analisi di impatto economico per tutte le disposizioni di legge federali di rilievo.

La progressiva crescita del *VSL* è stata studiata da Viscusi e Aldy (2003) che hanno esaminato le maggiori ricerche internazionali prodotte dagli anni '70 ad oggi nelle quali si è stimato il valore del *VSL* sulla base del valore di scambio del rischio di morte rilevato attraverso il mercato del lavoro e quello dei prodotti di consumo. Viscusi e Aldy (2003) hanno inoltre confrontato tra loro le applicazioni del valore della vita statistica alle decisioni di programmazione in USA Canada e Regno Unito riportando valori adottati per il *VSL* che possono costituire un riferimento per i paesi industrializzati. Relativamente agli USA, sono raccolti in tabella 2.2 i valori individuati per il *VSL* dal 1985 al 2000, dalle diverse agenzie, in occasione delle analisi di impatto economico relative a differenti normative emanate dall'amministrazione federale statunitense in diversi settori. Detti valori variano da 1,0 ML(\$-2000) nel 1985, a 6,3 ML (\$-2000) nel 1997 e nel 1999, a 5,0 ML (\$-2000) nel 2000 ma non crescono tuttavia uniformemente con gli anni perché fortemente condizionati dalle finalità per le quali sono stati selezionati. Ciò evidenzia come, al di là dell'influenza di alcuni aspetti specifici della popolazione presumibilmente tenuti in conto nelle stime del *VSL* effettuate per differenti finalità, i diversi metodi di stima adottati diano luogo a risultati ancora sensibilmente differenti, limitando di conseguenza l'affidabilità delle stesse stime e quindi l'applicabilità dei valori calcolati agli studi di impatto economico.

Sempre relativamente agli USA è da sottolineare che l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente (*Environmental Protection Agency - EPA*), che ha sviluppato linee guida per le sue analisi di impatto (*U.S. Environmental Protection Agency, 2000*), raccomanda un *VSL* pari a 6,2 ML \$-2000. Per contro la *U.S. Federal Aviation Administration*, (FAA) nelle sue analisi economiche delle norme del 2002 raccomanda un valore del *VSL* di 3,0 ML \$-2000. In proposito gli stessi Viscusi e Aldy (2003) propongono per una maggiore attendibilità del valore racco-

mandato dalla EPA in quanto quello dato dalla FAA, sebbene prodotto dal Dipartimento dei Trasporti (di cui la EPA è parte) che è leader in questo tipo di valutazioni, sarebbe sottostimato poiché derivato, con successivi aggiornamenti, da valori calcolati molti anni fa sulla base del capitale umano.

Dello stesso ordine di grandezza sono i valori del *VSL* ricavati da Ashenfelter (2006). Quest'ultimo ha preso spunto dall'aumento di velocità da 55 mph a 65 mph consentito nel 1987, dal Congresso USA ai singoli Stati, sulle strade rurali interstatali di competenza, per ricavare il *VSL* attraverso lo studio della relazione fra i morti (F) ed il valore del tempo risparmiato (T) per effetto delle maggiori velocità. Avvalendosi di analisi di regressioni sia lineare che logaritmica, ha trovato correlazioni fra (F) e (T) sulle strade rurali interstatali e su altri gruppi di strade comprendenti anche queste ultime, ricavando quindi il rapporto [(ore di viaggio) / (numero di morti)] e il rapporto [\ln (ore di viaggio) / (numero di morti)], nonché il valore monetario implicito del tempo risparmiato per ogni morto aggiuntivo (marginale) per alcuni tipi di strade e cioè il *VSL*. Relativamente alle sole strade rurali interstatali detto parametro è risultato di 1,6 ML\$ dalla regressione logaritmica e di 5,9 ML\$ dalla regressione lineare.

I valori utilizzati nel Regno Unito ed in Canada sono invece sensibilmente più bassi. Nel Regno Unito l'unico valore ufficiale del *VSL* è stato fissato nel 1988 in 1,2 Mil \$-2000 (500.000 Sterline del 1987) dal Dipartimento dell'Ambiente, Trasporti e Regioni - DETR che riflette stime della disponibilità a pagare per la riduzione del rischio basate su una valutazione contingente. Il Comitato Esecutivo per la Salute e la Sicurezza (HSE) ha invece utilizzato valori doppi rispetto a quelli del DETR. In ogni caso Viscusi e Aldy (2003) ritengono meno attendibili i valori del *VSL* in uso in U.K rispetto a quelli degli U.S.A. in considerazione del numero di gran lunga maggiore di studi in merito sviluppati in quest'ultimo paese.

Le linee guida pubblicate in Canada nel 1995 per l'analisi benefici-costi non forniscono alcun valore del *VSL*, tuttavia alcune analisi economiche di progetti connessi ai trasporti sviluppate fra il 1982 e il 1993 utilizzano valori del *VSL* compresi fra 0,4 e 3,2 ML \$-2000, mentre una recente analisi su una norma circa l'informazione dei prodotti del tabacco ha utilizzato valori compresi fra 1,7 e 5,7 ML \$-2000 con i valori più alti per individui di età inferiore a 65 anni (Viscusi e Aldy 2003).

In India, paese caratterizzato da un reddito medio ancora lontano da quello dei paesi occidentali ma in forte crescita, Bhattacharya ed altri (2007) attraverso una indagine condotta fra i pendolari di Delhi sulla disponibilità a pagare per ridurre il loro rischio di morte in incidenti stradali in tre scenari che rispecchiano le circostanze in cui più frequentemente avvengono i sinistri in questa città, hanno ricavato un *VSL* di 150.000 PPP\$(²) (pari a 1,3 ML di Rupie). Tale valore risulta molto più alto rispetto a quello del Prodotto interno lordo (PIL) medio pro capite dell'inte-

(2) Dollari a parità di potere di acquisto (Purchasing Power Parity Dollars - PPP\$) nel paese considerato.

Tabella 2.2 - Valori del VSL usati dalle agenzie USA dal 1985 al 2000 (Viscusi e Aldy, 2003)

Anno	Agenzia	Norma di legge	VSL in MLS-2000
1985	Federal Aviation Administration	Apparecchi protettivi per la respirazione (50 Federal Register 41452)	1,0
1985	Environmental Protection Agency	Regolamentazione dei carburanti e dei relative additive: contenuto di piombo nella benzina (50 FR 9400)	1,7
1988	Federal Aviation Administration	Miglioramento delle apparecchiature per la sopravvivenza negli atterraggi accidentali in acqua (53 FR 24890)	1,5
1988	Environmental Protection Agency	Protezione dell'ozono stratosferico (53 FR 30566)	4,8
1990	Federal Aviation Administration	Proposta istituzione di un'area di servizio radar dell'aeroporto di Harlingen TX (55 FR 32064)	2,0
1994	Food and Nutrition Service (USDA)	Programma pasti nelle scuole nazionali e programma colazioni nelle scuole (59 FR 30 218)	1,7; 3,5
1995	Consumer Product Safety Commission	Miniere a gallerie multiple e dispositivi dei fuochi d'artificio (60 FR 34922)	5,6
1996	Food Safety Inspection Service (USDA)	Riduzione degli agenti patogeni: analisi del rischio e sistemi di punti di controllo critici (61 FR 38806)	1,9
1996	Food and Drug Administration	Regolamentazione attraverso la restrizione della vendita e distribuzione di sigarette e tabacco da masticare per proteggere bambini e adolescenti (61 FR 44396)	2,7
1996	Federal Aviation Administration	Uso del simulatore di volo nell'addestramento, esame e revisione del pilota, nei centri di addestramento (61 FR 34508)	3,0
1996	Environmental Protection Agency	Requisiti per le attività di verniciatura al piombo	6,3
1996		Apparecchiature mediche: norma finale procedura per la buona realizzazione corrente (61 FR 52602)	5,5
1997	Environmental Protection Agency	Standard di qualità dell'aria dell'ambiente nazionale per l'ozono (62 FR 38856)	6,3
1999	Environmental Protection Agency	Riduzione del rischio per la salute per effetto del radon nell'acqua potabile e analisi dei costi (64 FR 9560)	6,3
1999	Environmental Protection Agency	Controllo delle emissioni atmosferiche dei nuovi veicoli a motore: standard per i veicoli a motore a due livelli e requisiti per il controllo dello zolfo nella benzina (65 FR 6698)	3,9; 6,3
2000	Consumer Product Safety Commission	Ringhiere portatili per letto: nota avanzata delle advanced notice of norma proposta (65 FR 58968)	5,0

ra vita attualizzato, spesso utilizzato in India per la valutazione dei programmi di sicurezza stradale, evidenziando, anche nei paesi in forte sviluppo, l'inadeguatezza dell'approccio del capitale umano per questo tipo di analisi. Peraltro la stessa indagine ha rilevato che il valore del VSL ricavato è superiore anche ai valori usati in importanti studi di valutazione del costo sociale degli incidenti stradali in India della Banca Mondiale che si attestano intorno alle 530.000 Rupie, ma è più basso rispetto a quello che gli stessi autori hanno calcolato per l'India, a partire dal valore adottato da paesi a più alto reddito ed assumendo una elasticità pari a 1.

La Commissione Europea (1994) ha trattato il tema del costo socio-economico degli incidenti stradali nel progetto COST 313. Successivamente la stessa Commissione Europea (1999) ha approfondito il tema con la finalità di analizzare anche i meccanismi in vigore e futuri per l'internalizzazione in 14 paesi europei (tra cui non figura tuttavia l'Italia) fornendo così dei valori di riferimento per fini applicativi. Interessante risulta fra l'altro la misura statistica del rischio di morte nel Regno Unito sui diversi sistemi di trasporto: si evidenzia come il rapportarsi ad unità di prodotto diverse quali i (veicoli x km) o i (passeggeri x km) fa variare considerevolmente il dato in questione fra i

Tabella 2.3 - Rischio di morte (MRR) per milioni di veicoli e di passeggeri chilometro nel Regno Unito (Commissione Europea 1999)

Modo	MRR/ 10 ⁶ veic. xkm	MRR/10 ⁶ veic.xkm fatto 1 il più basso	MRR/10 ⁶ pass. xkm	MRR / 10 ⁶ fatto 1 il più basso
Automobile	0,006	1,5	0,004	13,3
Autobus	0,004	1,0	0,0004	1,3
Treno	0,1	25,0	0,001	3,3
Nave	n.c	n.c	0,006	20,0
Aereo	0,04	10,0	0,0003	1,0

diversi sistemi di trasporto avvantaggiando addirittura l'automobile che, grazie al suo ridottissimo coefficiente di riempimento, mantiene un valore molto più basso del rischio di morte per milioni di (veic x km) rispetto all'aereo e al treno.

Come è evidenziato anche dalla Commissione Europea (1999) il confine fra perdite materiali connesse all'incidente stradale e disponibilità a pagare per evitare morte o lesioni è incerto. Certamente è possibile affermare che la WTP va ben oltre il valore del capitale umano lordo, talvolta non ne tiene affatto conto, ed è rappresentativa anche del valo-

Tabella 2.4 - Valore della vita statistica VSL e sue componenti secondo il Progetto COST 313 (Commissione Europea 1994) con valori aggiornati al 2006

Paese	GLP		VLC		NLP = GLP - VLC		PHV		HCC+ADM		Costo totale morto		Costo totale ferito grave		Costo totale ferito lieve	
	1.000 € (2006)	GLP/Tot %	1.000 € (2006)	VLC/Tot %	1.000 € (2006)	NLP/GLP %	1.000 € (2006)	PHV/Tot %	1.000 € (2006)	(HCC+ADM) / Tot %	1.000 € (2006)	Fatto 1 il minore	1.000 € (2006)	Fatto 1 il minore	1.000 € (2006)	Fatto 1 il minore
Austria	964,3	42%	771,4	34%	192,9	20%	1.301,7	57%	5,1	0,2%	2.271,1	8,1	86,0	5,5	7,2	33,2
Belgio	539,9	95%	431,9	76%	108,0	20%	24,2	4%	6,4	1,1%	570,5	2,0	77,2	5,0	1,9	9,0
Svizzera	1.335,0	38%	1.133,4	32%	201,6	15%	2.199,2	62%	7,8	0,2%	3.542,0	12,7	156,0	10,0	8,9	41,0
Germania	1.095,9	43%	876,4	34%	219,6	20%	1.479,5	57%	1,2	0,0%	2.576,6	9,2	109,5	7,0	5,6	25,6
Danimarca	393,8	36%	315,0	29%	78,8	20%	684,8	63%	7,5	0,7%	1.086,1	3,9	21,3	1,4	1,7	8,0
Spagna	184,5	66%	147,6	53%	36,9	20%	94,5	34%	0,6	0,2%	279,7	1,0	15,6	1,0	0,6	3,0
Francia	353,3	56%	282,6	45%	70,7	20%	268,8	43%	3,8	0,6%	626,0	2,2	52,9	3,4	3,5	15,9
Finlandia	896,8	39%	717,5	31%	179,4	20%	1.413,6	61%	3,0	0,1%	2.313,4	8,3	50,9	3,3	4,0	18,2
Lussemburgo	563,4	43%	450,7	34%	112,7	20%	760,6	57%			1.324,1	4,7	114,9	7,4	1,9	8,8
Norvegia	411,5	43%	329,2	34%	82,3	20%	555,6	57%			967,1	3,5	177,5	11,4	8,9	40,8
Olanda	172,6	43%	138,1	34%	34,5	20%	233,1	57%			405,7	1,5	75,1	4,8	8,0	36,9
Portogallo	367,3	53%	293,8	42%	73,4	20%	332,2	47%			699,5	2,5	28,7	1,8	0,2	1,0
Svezia	714,3	46%	571,4	37%	142,9	20%	845,4	54%	4,1	0,3%	1.563,8	5,6	214,5	13,8	9,9	45,5
Regno Unito	446,1	29%	356,9	23%	89,2	20%	1.076,2	71%	0,9	0,1%	1.523,2	5,4	158,6	10,2	12,7	58,5
MEDIA	568,1	42%	454,5	34%	113,6	20%	783,0	58%	2,1	0,2%	1.353,2	4,8	93,2	6,0	5,8	26,8
Ferito grave	27,0		0,0		27,0	100%	56,3		8,3							
Ferito leggero	1,6		0,0		1,6	100%	3,6		0,6							

Fonte dati : Commissione Europea - Progetto COST 313 - valori monetari del 1990 aggiornati al 2006
 Aggiornamento valuta dal 1990 (valori tratti dalla fonte) al 2006 effettuato moltiplicando per 1,6356 (coeff. ISTAT per rivalutazione monetaria)

Simbologia:

GLP = Produzione lorda perduta (*Gross loss production*)
 VLC = GLP - NLP = Consumo perduto (*Value of lost consumption*)
 HCC = Costo delle cure mediche (*Health care cost*)
 Costo totale di una vita persa = GLP + PHV + (HCC+ADM)

NLP = Produzione netta perduta (*Net loss production*)
 PHV = Valore umano puro (*Pure human value*)
 ADM = Costi amministrativi (*Administration*)

re attribuito alla vita e alla salute per se stesse.

Pertanto il VSL può essere visto come la somma di un valore della vita di per sé, della produzione persa (lorda o netta), delle spese mediche e amministrative e cioè: Il valore medio dell'incidente sarà ottenuto dalla somma del VSL per il numero medio di vittime, del valore statistico del ferimento (grave e leggero) per il numero medio dei feriti (rispettivamente gravi e leggeri) e del valore dei danni alle cose.

La tabella 2.4, tratta da una rielaborazione del Progetto Cost 313 (Commissione Europea, 1999) e ristrutturata dallo scrivente per aggiornare i valori al 2006 e per evidenziare i rapporti di proporzionalità fra le grandezze in gioco, riporta le diverse componenti del VSL relative a ciascuno dei paesi interessati al progetto.

I valori riportati in tabella 2.4 mettono in luce innanzitutto differenze rilevanti fra i paesi. Si nota infatti come il costo complessivo di un morto sia di solo € 280.000 in Spagna e ben 12,7 volte più alto in Svizzera (€ 3.542.000); lo stesso discorso vale per un ferito grave e per uno lieve: per il primo il valore oscilla fra € 15.600 in Spagna e € 214.500 della Svezia (13,8 volte), mentre il valore di un ferito lieve è compreso fra 200 Euro in Portogallo e 12.700

Euro nel Regno Unito (58,5 volte). Se è vero che i valori sono generalmente tanto più elevati quanto alto è il reddito medio pro capite, è tuttavia da sottolineare come le differenze di quest'ultimo parametro fra i paesi europei siano di gran lunga meno accentuate. La produzione netta perduta (NLP) è quasi dappertutto pari al 20% di quella lorda (GLP) ma quest'ultima incide sul VSL con un'aliquota variabile fra il 29% del Regno Unito e il 95% del Belgio, pesando in percentuale maggiore nei paesi ove più basso è il valore umano puro (PHV) e quindi il VSL. La produzione perduta lorda (GLP) costituisce tuttora una parte rilevante del VSL (incidenza media = 42%) mentre non si può dire lo stesso di quella netta (NLP) che incide solo per l'8% a conferma della scarsa rispondenza dell'approccio del capitale umano nel calcolo del VSL. Scarso è il peso dei costi medici e amministrativi.

Infine si nota che i costi sociali per lesioni pur essendo elevati rispetto al reddito pro capite (costo medio € 93.200 per un ferito grave e € 5.800 per uno lieve) sono tuttavia di gran lunga inferiori ai costi del decesso (valori medi rispettivamente pari al 7 e del 4% del VSL) a conferma di quanto più gravi siano le conseguenze sociali oltre che economiche di tale evento.

3. Metodologie e valori per l'Italia

In questo paragrafo si discute quanto riportato in uno specifico allegato al Conto Nazionale dei Trasporti del 2004 (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Politecnico di Milano, 2006) che costituisce un riferimento ufficiale per l'Italia.

Il documento in questione raccoglie i risultati di una ricerca finalizzata alla determinazione dei costi sociali derivanti dalla incidentalità stradale in generale e con riferimento al trasporto delle merci pericolose in particolare. Esso fa riferimento agli studi INFRAS/IWW (2000) da cui ha tratto alcuni parametri necessari per il modello applicativo messo a punto e alcuni dei parametri modellistici utilizzati per un confronto validativo.

Lo studio individua tre categorie di costo economico derivante dalla incidentalità:

- Costi sociali per la sola incidentalità stradale,
- Costi sociali per i perditempo generati dalla incidentalità stradale,
- Costi sociali per gli effetti secondari del trasporto delle merci pericolose.

Nella prima voce ricadono tra l'altro tutte le conseguenze economiche derivanti dalla morte o dal ferimento degli occupanti dei veicoli coinvolti in un sinistro. La seconda rappresenta la perdita di tempo per gli occupanti dei veicoli non coinvolti causata dal rallentamento e/o arresto della marcia prodotto dal degrado della circolazione conseguente all'incidente. Nella terza voce ricadono i costi aggiuntivi che nascono dal coinvolgimento di veicoli che trasportano merci pericolose in conseguenza della dispersione di queste ultime nell'ambiente.

Passaggio importante dello studio è la stima della aliquota dei costi da incidentalità già internalizzati cioè di quei costi che già ricadono su chi li causa o sulla categoria di persone a cui questi appartiene (club). Fra questi, al primo posto sono i danni a persone e cose risarciti dalle assicurazioni e internalizzati nell'ambito del "club" degli automobilisti attraverso i premi assicurativi pagati.

Un approfondimento è stato condotto valutando il trade-off conseguente alla riduzione di velocità sulle strade: attraverso un'analisi del tipo benefici-costi si è valutata la convenienza economica tra l'incremento dei tempi di percorrenza e la riduzione del numero e gravità degli incidenti per effetto della riduzione delle velocità.

Ultima elaborazione è consistita nel raffronto fra il costo degli incidenti ed altri costi esterni generati dal trasporto su gomma passeggeri e merci e da altri modi di trasporto nonché nel rapportare lo scenario italiano alle altre realtà europee.

3.1. Costo sociale dell'incidentalità

L'approccio metodologico per la determinazione dei costi sociali dell'incidentalità si basa su recenti studi teorici tratti dalle ricerche di INFRAS/IWW (1995 e 2000) e University of Leeds (1999).

Il costo viene scisso nelle seguenti cinque voci alcune delle quali si differenziano a seconda che si faccia riferi-

mento a decessi o a lesioni:

- Valore del rischio (perdita di utilità per le persone decedute o ferite, sofferenze di queste ultime, e danni morali per familiari e conoscenti);
- Perdita del capitale umano (perdite nette di produzione per allontanamento anche temporaneo dal posto di lavoro compreso costi per la momentanea sostituzione);
- Cure ospedaliere (soccorso, degenza, cure, riabilitazione anche per la parte prestata alle persone decedute successivamente al soccorso);
- Costi amministrativi (forze dell'ordine, giustizia e costi amministrativi vari);
- Danni a proprietà terze (di solito in buona parte internalizzati nel club attraverso i premi assicurativi pagati).

Il valore del rischio di morte o ferimento esprime il valore monetario della perdita del benessere connesso al vivere in buona salute, al di là della eventuale perdita di prodotto conseguente alla mancata produttività ed è basato su considerazioni di tipo statistico. Il valore del rischio per ferimento è una quota parte di quello per decesso.

INFRAS/IWW 2005 fornisce per il rischio in Europa i seguenti valori in Euro:

- decesso = € 1.500.000;
- ferimento grave = € 200.000;
- ferimento leggero = € 15.000;

La perdita del capitale umano per decesso o ferimento è espressa dalla produzione netta perduta calcolata come differenza fra la mancata produzione lorda futura e i mancati consumi futuri.

Si ricavano i costi sociali da incidentalità stradale per unità di traffico (passeggeri x km, tonnellate x km, veicoli x km), suddivisi per tipologia di infrastruttura (autostrada, strada statale, strada provinciale e ambito urbano e extraurbano) e per modo di trasporto (passeggeri e merci), partendo dai costi totali determinati dalla letteratura scientifica più avanzata e dividendoli per le percorrenze totali. Queste ultime sono state stimate per tipologia di strada e per modo attraverso un'analisi incrociata delle più recenti ricerche in campo europeo e delle statistiche italiane (ISTAT e Conto Nazionale dei Trasporti).

In particolare i costi sociali totali da incidentalità sono stati estratti ancora una volta da INFRAS/IWW 1995 e sono riportati in tabella 3.1 in milioni di Euro, per l'Italia e per l'insieme della Comunità Europea a 17 stati.

Questi valori sono stati aggiornati per tutti gli anni dal 1997 al 2004 in funzione del numero di incidenti registrati di anno in anno dal 1995 al 2004, quindi sulla base delle unità di traffico prodotte ogni anno, ricavando così il valore totale dei costi sociali da incidentalità.

La tabella 3.3 rappresenta una sintesi relativa al solo anno 2004 (l'ultimo) dei valori ricavati nello studio in questione (si rimanda allo studio specifico per i valori relativi agli altri anni).

3.2. Costo sociale del perditempo per incidente

Tale stima viene condotta partendo sempre dai dati riportati dallo studio INFRAS/IWW 2000 che nello specifico fornisce per l'Italia i valori delle unità di percorrenze

Tabella 3.1 - Costi sociali totali da incidentalità tratti da INFRAS/IWW 1995

Anno 1995	Modo di trasporto	Valore incidentalità (Mln Euro)
Italia	Autoveicoli	21.000
	Veicoli commerciali	2.730
Totale Europa (17)	Autoveicoli	136.000
	Veicoli commerciali	19.290

Tabella 3.2 - Aggiornamento costi sociali da incidentalità in Italia per tipologia di rete stradale (Mln Euro) - (Mi.I.T. - Polimi, 2006)

Anno	Autostrade	Strade statali	Strade provinciali e urbani	Totale
1997	1.570	2.621	21.573	25.764
1998	1.899	2.565	23.624	28.088
1999	2.040	2.840	26.711	31.591
2000	2.085	3.060	27.844	32.990
2001	2.016	3.452	29.144	34.612
2002	2.237	3.879	29.918	36.033
2003	2.208	3.179	29.092	34.479
2004	1.967	2.545	27.047	31.559

Tabella 3.3 - Costi sociali da incidentalità per unità di percorrenza sulle diverse reti al 2004 (Mi.I.T. - Polimi, 2006)

Rete	Veicoli leggeri		Veicoli commerciali	
	€/ (veic.x km)	€/ (pass.x km)	€/ (veic.x km)	€/ (t x km)
Autostrade	0,0094	0,0192	0,0032	0,0230
Strade statali	0,0269	0,0547	0,0087	0,0156
Provinciali, comunali, urbane ed extraurbane	0,1591	0,3238	0,0460	0,0165

Tabella 3.4 - Costi sociali medi da congestione in Italia in €/passxkm e €/txkm (INFRAS/IWW 2000)

Autoveicoli	Motocicli	Autobus	Totale passeggeri leggeri	Veicoli commerciali pesanti	Veicoli commerciali	Totali veicoli
0,00405	0,00229	0,00383	0,00401	0,04407	0,00429	0,00587

Tabella 3.5 - Costi sociali da congestione causata da incidentalità stradale in Italia (Mi.I.T. - Polimi, 2006)

Anno	Costo esterno unitario				Costo esterno totale		Totale dei modi di trasporto €
	€/ pax.km	€/ t.km	€/veic.km veic. pass.	€/veic.km veic. commerc.	€ veic. pass.	€ veic. commerc.	
2004	0,00487	0,00521	0,00828	0,03127	538.173.441	50.871.044	589.044.485

(veicoli x km) realizzati sulla rete stradale extraurbana in corrispondenza dei diversi livelli di servizio nell'anno 1995 e in prospettiva nel 2010 nonché i costi esterni medi da congestione sopportati, al 2000, dai diversi tipi di veicoli per unità di percorrenza [€/ (passxkm) e €/ (txkm)] (tabella 3.4 relativamente all'Italia). Attraverso un'interpolazione lineare per il periodo 1997 - 2004 si sono ricavate, per questo intervallo di tempo, le unità di percorrenze realizzate in corrispondenza dei diversi livelli di servizio; inoltre aggiornando i valori del costo per tener conto dell'inflazione, si sono calcolati i costi esterni medi da congestione sopportati dai diversi tipi di veicoli per unità di percorrenza negli anni compresi fra il 1997 e il 2004. In tabella 3.4 sono riportati i risultati soltanto per il 2004.

Per le percorrenze urbane, essendo necessario un diverso e più complesso modello di calcolo, non si sono forniti risultati.

Lo studio fa presente inoltre che parte dei costi esterni generati dall'incidentalità stradale (costo sociale diretto da incidentalità) sono già internalizzati nell'ambito del club degli automobilisti attraverso i premi assicurazione e la fiscalità pagati. Pertanto per valutare i costi esterni effettivi sarebbe necessario sottrarre dal costo calcolato quanto già pagato dal club; ciò tuttavia viene fatto solo limitatamente alle spese per assicurazioni auto ricavando di conseguenza un costo sociale residuo da sinistri per l'Italia, relativo agli anni compresi fra il 1997 e il 2004, che per quest'ultimo anno ammonta a 6.399 ML di Euro.

Il rapporto percentuale fra il costo dei sinistri non internalizzato attraverso i premi assicurativi e quello totale, dopo essere salito leggermente negli anni 1998 e 99 rispetto al 1997, è andato successivamente riducendosi passando dal 46% del 1999 al 20% del 2004 evidenziando la tendenza ad una sempre maggiore internalizzazione.

3.3. Costi sociali conseguenti al trasporto di merci pericolose

Questa voce comprende i danni aggiuntivi causati dalla perdita di merci dannose per l'ambiente dai veicoli industriali stradali, non solo conseguente ad un incidente, ma anche avvenuta in situazioni di normale esercizio. Lo studio distingue i prodotti pericolosi in quattro categorie: petrolio greggio, prodotti petroliferi, prodotti carbochimici o catrami, prodotti chimici non carbochimici o catrami. Per il calcolo di questa tipologia di costi sociali vengono computati separatamente anche i costi dei perditempo conseguenti ad incidenti che coinvolgono lo stesso tipo di veicoli commerciali.

3.4. Costi totali

La tabella 3.6 riporta i costi sociali complessivi suddivisi fra costi per soli sinistri, costi per perditempo e costi per effetti secondari del trasporto di merci pericolose riferiti al 2004.

La figura 3.1 schematizza il procedimento di calcolo utilizzato dallo studio di cui trattasi.

I 33.700 ML di Euro di costo sociale degli incidenti in Italia relativi al 2004 sono stati ripartiti fra costi umani e

Figura 3.1 - Schema logico del procedimento adottato da Mi.I.T. - Polimi (2006) per il calcolo dei costi sociali dell'incidentalità

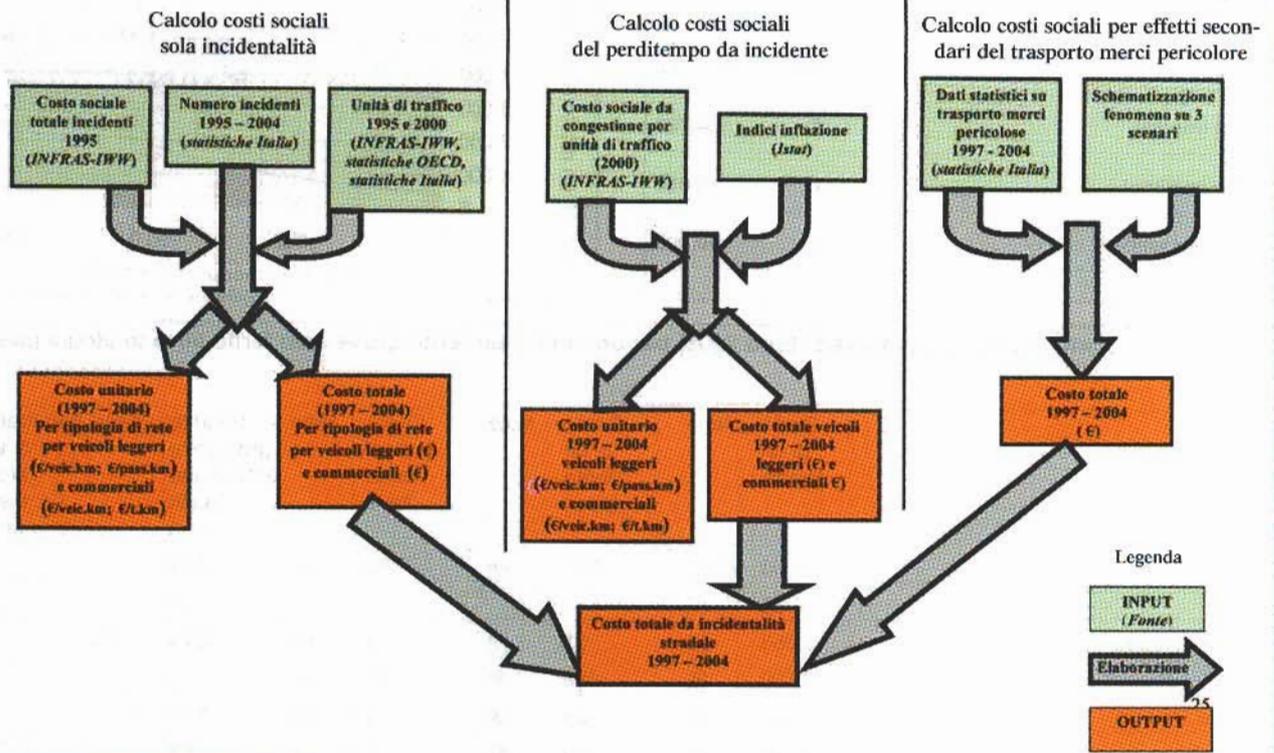


Tabella 3.6 - Costi sociali totali da incidentalità stradale (Mln di €) (Mi.I.T. - Polimi, 2006)

Anno	Costi sociali per soli sinistri	Costi sociali per perditempo generati dai sinistri	Costi sociali da effetti secondari per il trasporto di merci pericolose	Totale
1997	25.764	486	1.357	27.607
1998	28.088	495	1.605	30.188
1999	31.591	508	1.763	33.863
2000	32.990	527	1.576	35.093
2001	34.612	542	1.666	36.821
2002	36.033	560	1.596	38.189
2003	34.479	574	1.550	36.604
2004	31.599	589	1.552	33.700

Tabella 3.7 - Ripartizione del costo di incidente fra le diverse voci (Mi.I.T. - Polimi, 2006)

Capitoli di spesa (anno 2004)	ML Euro	Incidenza %
Costi umani	16.550	49%
Mancata produzione presente e futura:	10.649	32%
- delle persone decedute	4.653	14%
- degli infortunati di cui:	5.996	18%
per inabilità permanente	3.702	11%
per inabilità temporanea	2.295	7%
Danno alla persona	5.181	15%
- danno morale ai superstiti delle persone decedute	3.274	10%
- danno biologico di cui:	1.907	6%
per invalidità gravi	923	3%
per invalidità lievi	985	3%
Costi sanitari ed assimilabili	713	2%
- spese di pronto soccorso per incidenti non verbalizzati	7	0%
Costi materiali (1)	17.156	51%
- danni materiali	11.671	35%
- costi amministrativi di cui:	5.374	16%
per assicurazione RC auto	3.486	10%
per rilievo incidenti (varie forze di polizia e VV.FF.)	1.888	6%
- costi giudiziari	111	0%
TOTALE COSTI	33.706	100%

(1) compreso incidenti senza danni a persone

costi materiali secondo i capitoli di spesa richiamati in tabella 3.7.

La sintesi di quanto calcolato nel documento in questione fornisce il costo sociale medio per ogni deceduto, ottenuto sommando i costi sanitari, la mancata produzione e il risarcimento del danno morale, nonché il costo medio per persona ferita e i valori minimo e massimo di tale costo che, per evidenti sensibili differenze del tipo di lesioni subite, sono contenuti in un intervallo piuttosto ampio.

Tabella 3.8 - Costo complessivo per ciascun morto o ferito al 2004

Morto	€	1.281.778
Ferito (media)	€	24.726
Ferito (minimo)	€	16.000
Ferito (massimo)	€	40.000

Figura 4.1 - Costo sociale medio di un morto in funzione del reddito medio pro-capite in alcuni paesi

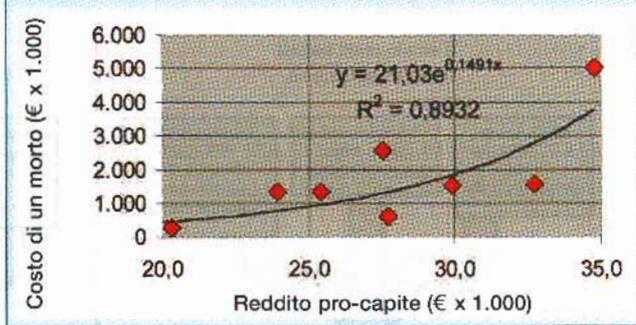


Tabella 4.1 - Costo sociale (in migliaia di Euro 2006) per un morto, un ferito grave e un ferito lieve in alcuni paesi

	Costo di un morto	Note	Costo di un ferito grave	Note	Costo di un ferito lieve	Note	Reddito pro-capite (GNI World Bank (3 - 4))	Note	Aspettativa di vita (World Bank) (anni)
USA	5.000	(1- 2)	670	(9)	50	(9)	34,8		77
India	22	(5)					0,6		63
Unione Europea	1.353	(6)	93	(6)	6	(6)	25,4	(7)	79
	1.500	(8)	200	(8)	15	(8)			
Francia	626	(6)	53	(6)	4	(6)	27,7		80
Germania	2.577	(6)	110	(6)	6	(6)	27,5		78
Italia	1.333	(10)	42	(10)	17	(10)	23,9		80
Spagna	280	(6)	16	(6)	1	(6)	20,3		80
Regno Unito	1.523	(6)	159	(6)	13	(6)	29,9		79
Svezia	1.564	(6)	215	(6)	10	(6)	32,7		80
	1.755	(11)							

- (1) Coeff. rivalutazione da \$ 2000 a \$ 2006 = 1,171 (fonte statist. Gov. USA) - 1€ = 1,30\$
 (2) Media valori degli studi dal 1997 al 2000 riportati da Viscusi e Aldy (2003)
 (3) Fonte: World Bank - 2005
 (4) Coeff. rivalutazione da \$ 2005 a \$ 2006 = 1,034 (fonte statist. Gov. USA) - 1€ = 1,30\$
 (5) 1,3 Mln Rupie (da Bhattacharya et al 2007) --- cambio 1 Rupia = 0,0172 €
 (6) Fonte: Commissione Europea - Progetto COST 313 con valori rivalutati al 2006
 (7) Media nell'area Euro
 (8) Fonte INFRAS-IWW 2005
 (9) Valori calcolati con la stessa proporzione rispetto al costo di un morto in Europa
 (10) Fonte Mi.I.T. - Polimi (2006) - valori 2004 aggiornati al 2006 (coeff. Istat 1,04)
 (11) Fonte: Tarwén et al., 2002 (con dati rivalutati al 2006)

2. Conclusioni e discussione

Nella tabella 4.1 si è posto a confronto il costo sociale per un morto, per un ferito grave e per un ferito lieve in alcuni paesi, il reddito medio annuo pro-capite e l'aspettativa di vita media.

Si sono poi tentate delle correlazioni fra i suddetti costi sociali da un parte ed il reddito e l'aspettativa di vita dall'altra. Se la relazione con il reddito medio è stata esaminata da diversi studiosi, meno evidente è l'influenza dell'aspettativa di vita; il tentativo effettuato è motivato dal fatto che, essendo quest'ultima connessa oltre che al benessere economico anche ad abitudini e stili di vita, nonché ad alcune caratteristiche sociali del paese (sicurezza stradale e

nei posti di lavoro, sistema sanitario, ecc) essa potrebbe costituire una misura indiretta della disponibilità a pagare per ridurre il proprio rischio di morte e quindi una misura del VSL.

Purtroppo la correlazione con l'aspettativa di vita media non ha prodotto risultati soddisfacenti. Ciò non consente, tuttavia, di escludere l'esistenza di un legame fra questa variabile ed il costo sociale dei decessi e delle lesioni, dal momento che la mancanza di correlazione riscontrata è probabilmente imputabile alla assoluta preponderanza numerica, all'interno del campione preso in esame, dei paesi economicamente forti (USA e paesi europei): le minime differenze in ordine all'aspettativa media di vita che si

riscontrano fra questi (solo 1 anno in ambito europeo) non consentono di evidenziare un eventuale legame statistico con altre variabili.

La graficizzazione del costo sociale di un morto in funzione del reddito è rappresentata nella figura 4.1.

La tabella 4.2 riporta le correlazioni individuate ed i relativi coefficienti.

Il lavoro fin qui svolto consente di formulare alcune considerazioni che si vanno ad esporre di seguito.

■ Valore dei costi medi sociali

Il costo sociale medio degli incidenti stradali da utilizzare nelle valutazioni economiche dei progetti può essere scomposto nelle seguenti aliquote:

- valore dei beni danneggiati o distrutti;
- costi connessi alla indisponibilità dei beni stessi durante il tempo di sostituzione o riparazione;
- cure mediche agli infortunati e anche ai deceduti successivamente al sinistro;
- costi amministrativi;
- valore del tempo perso per rallentamenti imposti agli utenti del sistema non direttamente coinvolti nel sinistro;
- costi sociali per morti e feriti.

L'ultima aliquota di costo, che, per quanto esposto nel presente lavoro, è la più difficilmente determinabile, è individuata entro un intervallo abbastanza ampio in molti paesi che hanno sviluppato studi in merito. Detti valori sono comunque fortemente differenziati anche fra paesi industrializzati tra loro molto vicini fisicamente ed economicamente (per esempio i paesi europei e dell'area Euro). Nelle valutazioni economiche dei progetti è tuttavia opportuno riferirsi a dati ufficiali che se adottati da tutti gli analisti assicurano per lo meno una uniformità di valutazione nell'ambito dello stesso settore e dello stesso paese.

In Italia, che tra l'altro non è presente nel progetto COST 313, è opportuno adottare i valori contenuti nello specifico allegato del 2006 al Conto Nazionale dei Trasporti 2004 (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e Politecnico di Milano, 2006) in quanto ufficiali e cioè (valori aggiornati al 2006 e in parentesi quelli al 2004 tratti dal documento in questione):

- 1 morto = € 1.333.000 (€ 1.281.000);
- 1 ferito grave = € 42.000 (€ 40.000);
- ferito lieve = € 17.000 (€ 16.000)

■ Metodologie di stima dei costi medi sociali

È generalmente consolidato l'abbandono dell'approccio del capitale umano a favore di quello basato sulla disponibilità a pagare *WTP* (o ad accettare *WTA*). Tuttavia proprio l'utilizzo di questa metodologia comporta notevoli incertezze nella determinazione dei costi sociali dei decessi e delle lesioni che di fatto fanno riscontrare in letteratura valori contenuti in intervalli piuttosto ampi e sensibilmente variabili anche fra paesi con economie molto simili.

Pertanto la ricerca nel settore dovrebbe essere indirizzata a produrre stime più precise ed affidabili rilevando la *WTP* o *WTA* anche indirettamente.

Tabella 4.2 - Correlazioni fra costi sociali e reddito medio o aspettativa media di vita

Funzione implicita	Funzione esplicita	Coeff. di correlaz. (R ²)
CM = CM (GNI)	CM = 21,030 * e ^(0,1491 * GNI)	0,8932
CFg = CFg (GNI)	CFg = 0,1709 * e ^(0,2286 * GNI)	0,9041
CFL = CFL (GNI)	CFL = 0,0482 * e ^(0,1838 * GNI)	0,5694
CM = CM (AV)	CM = 3E-05 * e ^(0,2222 * AV)	0,5871
CFg = CFg (AV)	non definita	----
CFL = CFL (AV)	non definita	----

Simbologia:
 CM = costo di un morto (€ x 1.000)
 CFg = costo di un ferito grave (€ x 1.000)
 CFL = costo di un ferito lieve (€ x 1.000)
 GNI = reddito medio pro-capite (€ x 1.000)
 AV = aspettativa media di vita (€ x 1.000)

■ Relazione costi sociali - reddito

Esiste certamente un legame statistico fra il reddito medio pro-capite ed il costo sociale medio attribuito in ogni paese a morti e feriti in incidenti stradali, come dimostrato dagli elevati coefficienti di correlazione presenti in tabella 4.2. Detta relazione trova una logica spiegazione nel fatto che:

- la produzione persa per effetto del decesso o di lesioni è funzione del reddito medio prodotto;
- la disponibilità a pagare per aumentare la propria aspettativa di vita o migliorare la propria salute è sicuramente proporzionale al reddito di cui si dispone, sia perché un reddito più alto lascia maggiore disponibilità di risorse dopo il soddisfacimento dei bisogni primari, sia perché nei paesi a reddito più alto è di solito più elevato anche il prezzo dei beni materiali e quindi anche quello di beni immateriali quali la sicurezza.

Il rapporto di proporzionalità fra i costi sociali medi dell'incidentalità e il reddito medio pro-capite è di tipo esponenziale descritto da relazioni che, in prima approssimazione e fatte salve verifiche più approfondite certamente necessarie, possono essere quelle indicate nella tabella 4.2. La definizione di tali relazioni consente di stimare i costi sociali in paesi dove non sono state sviluppate sufficienti analisi sul tema e di utilizzare la stima nell'ambito della valutazione di progetti che producono, anche indirettamente, effetti sulla sicurezza stradale.

È da evidenziare infine come la disponibilità di relazioni attendibili fra costi sociali medi e reddito consentirebbe in sostanza di adottare l'approccio della *WTP* o *WTA* attraverso l'approccio del capitale umano: infatti sarebbe possibile stimare il costo sociale medio di un morto o di un ferito partendo dal reddito medio pro-capite che è un valore noto e sufficientemente attendibile in ogni paese. Anche in questa direzione dovrebbe orientarsi la ricerca.

Bibliografia

- ASHENFELTER O., (2006), "Measuring the value of a statistical life: problems and prospects", *National Bureau of Economic Research*, Working paper n.11916, <http://www.nber.org/papers/w11916>
- BHATTACHARYA S., ALBERINI A., CROPPER M.L., 2007, "The value of mortality risk reductions in Delhi, India", *Journal of risk and uncertainty* 34, pp.21-47, Springer;
- BOWLAND B.J., BEGHIN J.C: (2001), "Robust estimating of value of statistical life for developing economies", *Journal of Policy and Modelling* 23, pp. 385-396
- COMMISSIONE EUROPEA (1994), COST 313 Project: Socio-economic Cost of Road Accidents - Final Report, EUR 15464
- COMMISSIONE EUROPEA (1999), "High Level Group on Infrastructure Operating Costs", *Calculating transport accident costs - Final report*, <http://www.transport-pricing.net/reports-studies.html>
- ELVIK R. (1995), "An analysis of official economic valuations of traffic accident fatalities in 20 motorized countries", *Accident Analysis and Prevention*, 27, pp.237-247, Elsevier
- ELVIK R.(2003), "How would setting policy priorities according to cost-benefit analyses affect the provision of road safety?," *Accident Analysis and Prevention*, 35, pp.557-570, Elsevier
- INFRAS/IWW (2000), *External costs of transport: Accident, environment and congestion costs in Western Europe*, Zurich/Karlsruhe, <http://www.unece.org/doc/poja/poja.uic.2.e.pdf>
- LIU J-T., HAMMITT J., LIU J-L (1997), Estimating hedonic wage function and value of life in a developing country, *Economic Letters* 57, pp. 353-358, Elsevier
- MILLER T.R. (2000), "Variation between countries in the values of statistical life", *Journal of Transport Economics and Policy* 34(2), pp. 169-188, University of Bath, UK
- MILLER T.R., BLEWDEN M. (2001), "Costs of alcohol-related crashes: New Zealand estimates and suggested measures for use internationally", *Accident Analysis and Prevention*, 33, pp.783-791, Elsevier
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI (Mi.I.T.), POLITECNICO DI MILANO (Polimi) (Dipartimento di Architettura e Pianificazione) (2006), *Costi economici e sociali della mobilità, incidentalità, inquinamento e trasporto delle merci pericolose*, Allegato al Conto Nazionale dei Trasporti 2004, http://www.infrastrutturetrasporti.it/page/standard/mo_p_all.php?p_id=04026&PHPSESSID=3ccf3a316f5881a40d60346f330cd6bb
- MROZEK J.R., TAYLOR L.O. (2002), "What determines the value of life? A meta-analysis", *Journal of Policy, Analysis and Management* 21(2), pp. 253-270, Wiley
- ROSEN S. (1988), "The value of changes in life expectancy", *Journal of risk and uncertainty*, 1, pp.285-304, Springer
- TRAWÉN A., MARASTE P., PERSSON U. (2002), "International comparison of costs of a fatal casualty of road accidents in 1990 and 1999", *Accident Analysis and Prevention*, 34, pp.323-332, Elsevier
- UNIVERSITY OF LEEDS (1999), UNITE (UNIFICATION of accounts and marginal costs for Transport Efficiency), <http://www.its.leeds.ac.uk/projects/unite/>
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1999), *The benefit and costs of the Clean Air Act 1990 to 2010*, Report 410-R-99-001, Washington, DC, Office of Air and Radiations, USEPA
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2000), *Guidelines for preparing economic analysis*, Report 240-R-00-003, Washington, DC, Office of Air and Radiations, USEPA
- VISCUSI W.K., ALDY J.E. (2003), "The value of a statistical life: a critical review of market estimates throughout the world", *National Bureau of Economic Research*, Working paper n.9487, <http://www.nber.org/papers/w9487>
- ZALOSHNA E., MILLER T.R. (2004), "Costs of large truck-involved crashes in the United States", *Accident Analysis and Prevention*, 36, pp. 801-808, Elsevier.