



**COLLANA DEL
DIPARTIMENTO DI ECONOMIA**

**L'ANALISI COSTI BENEFICI APPLICATA
ALLE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO**

Antonio Falvo Alessio Marabucci

Working Paper n° 87, 2008

- I “Working Papers” del Dipartimento di Economia svolgono la funzione di divulgare tempestivamente, in forma definitiva o provvisoria, i risultati di ricerche scientifiche originali. La loro pubblicazione è soggetta all’approvazione del Comitato Scientifico.
- Per ciascuna pubblicazione vengono soddisfatti gli obblighi previsti dall’art. 1 del D.L.L. 31.8.1945, n. 660 e successive modifiche.
- Copie della presente pubblicazione possono essere richieste alla Redazione.

REDAZIONE:

Dipartimento di Economia
Università degli Studi Roma Tre
Via Silvio D'Amico, 77 - 00145 Roma
Tel. 0039-06-574114655 fax 0039-06-574114771
E-mail: dip_eco@uniroma3.it



DIPARTIMENTO DI ECONOMIA

**L'ANALISI COSTI BENEFICI APPLICATA
ALLE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO***

Antonio Falvo** Alessio Marabucci***

Comitato Scientifico:

Proff. M. Causi

A. Giunta

P. Leon

** Nell'ambito di un progetto di ricerca unitario Antonio Falvo ha curato le sezioni 3, 5, 9, 12, 18, 19 e 20*

Alessio Marabucci ha curato il resto del lavoro

*** Atac Spa – Agenzia per la mobilità del Comune di Roma*

**** Università Roma Tre*

1	Struttura del lavoro	5
2	Fondamenti teorici	6
3	Analisi finanziaria: il tasso di sconto finanziario	7
4	L'occupazione e il lavoro: il costo del personale	9
5	Il tasso di crescita dei prezzi delle materie prime	10
6	Analisi economica: il tasso di sconto sociale	12
7	Un approfondimento sul tasso di sconto: fattori di ponderazione temporale	14
8	Gli espropri	14
9	Esternalità negative	15
10	Stima della perdita di profitto delle attività economiche	16
11	Emissioni inquinanti per la maggior produzione di energia elettrica	18
12	Esternalità positive	19
13	Benefici economici indotti	19
14	Moltiplicatori di impatto dei benefici economici indotti	20
15	Effetti occupazionali: le tavole intersettoriali dell'economia	21
16	Incremento del surplus del consumatore	22
17	Valore residuo dell'opera	23
18	Riduzione del numero di incidenti stradali: valore della vita umana, dei feriti e dei danni alle cose	24
19	Valore del tempo	26
20	Incremento di valore degli immobili	29
21	Benefici da riduzione dell'inquinamento atmosferico	30
22	Benefici da minore inquinamento acustico	32
23	Indicatori complementari per l'analisi costi benefici	36
24	Conclusioni	37
25	Riferimenti bibliografici	38

Abstract

L'Analisi Costi Benefici (ACB) è il principale strumento di valutazione degli investimenti pubblici. Tale metodologia trae le sue origini dall'Economia del Benessere e nel corso del tempo ha vissuto una fase di allontanamento dai fondamenti teorici che ne hanno costituito, e che ne costituiscono ancora, le fondamenta, facendola divenire sempre più un mero esercizio di stima compiuto adottando uno schema di valutazione "standard".

Il tentativo di regolamentare l'ambito delle analisi economiche, più che quelle finanziarie, si scontra con il *trade-off* esistente tra la possibilità dell'analista di avanzare le proprie ipotesi, arricchendo lo studio (e la letteratura) in merito, e la necessità di semplificare la metodologia e le variabili economiche da quantificare, al fine di rendere il lavoro fruibile al decisore pubblico; questo porta le ACB ad essere troppo semplicistiche e lontane dal quantificare i reali "benefici", o "malefici", di cui la collettività godrà, o subirà, sia in fase di realizzazione che di esercizio della nuova infrastruttura.

E' da precisare che le ACB sempre più di frequente sono compiute da figure professionali diverse dall'economista, in particolare dagli ingegneri (civili, trasportisti). La figura dell'ingegnere è di fondamentale importanza in sede di valutazione di un progetto di investimento, soprattutto per quanto riguarda la stima dei costi dell'infrastruttura, siano essi di realizzazione o di esercizio, mentre per il calcolo dei benefici diventa indispensabile il contributo dell'economista. Questa commistione tra le due figure nel tempo ha creato, e sta creando, una nuova professionalità, a cavallo tra le discipline dell'economia e dell'ingegneria, per cui diventa fondamentale creare un linguaggio comune che faccia da raccordo fra le due tecniche in modo tale da migliorare sempre di più la qualità dei lavori prodotti.

Tali argomenti sono sede di numerosi e vivaci dibattiti. Il presente lavoro vuole proporre elementi innovativi sulla valutazione di partite economiche che spesso vengono stimate in base a procedimenti distaccati dal contesto reale di riferimento o addirittura trascurate per la non conoscenza sia delle relative metodologie di stima sia dei fondamenti teorici che ne sono alla base. L'obiettivo non è quello di colmare i numerosi *gap* esistenti in materia tra teoria e pratica ma di fornire spunti di riflessione

circa il *trade-off* esistente tra un'analisi puntigliosa e corretta scientificamente, ma che richiede molto tempo per essere implementata, e un'analisi più snella e veloce, fondata su schemi di riferimento prefissati ma più lontano dalla correttezza formale di un calcolo economico ben saldo sulle sue basi teoriche di riferimento.

Parole chiave: Analisi Costi Benefici, Analisi Economica, Trasporti

1 Struttura del lavoro

Dopo un breve cenno ai fondamenti teorici e ai concetti esposti dai pionieri della disciplina dell'ACB, vengono descritti i metodi di stima attualmente impiegati per valutare i principali elementi che caratterizzano le valutazioni dei progetti di investimento, in particolare nel settore dei trasporti, per poi illustrare sugli stessi temi delle metodologie alternative, maggiormente aderenti al contesto di analisi di riferimento e più in linea coi principi della teoria economica.

Il lavoro si concentra quindi sugli effetti legati alla realizzazione di grandi infrastrutture di trasporto affrontando alcuni problemi tipici dell'Analisi Finanziaria e dell'Analisi Economica, in particolare della seconda, al fine evidenziare la complessità dei modelli di valutazione, che si avvalgono sia di tecniche ormai consolidate che di metodiche sperimentali, spesso prese a prestito da altre discipline.

Per l'Analisi Finanziaria verranno indicati alcuni processi di valutazione del tasso di sconto e una serie di accorgimenti per superare l'ostacolo, e al contempo lo scarso realismo, dell'ipotesi di valutazioni a prezzi costanti per alcune voci di costo, come il costo del personale e delle materie prime, che tipicamente variano in ragione del tempo.

Per l'Analisi Economica ci si soffermerà dapprima sulla stima del tasso sociale di sconto e successivamente sulla valutazione di alcune esternalità, sia positive che negative; in particolare ci si concentrerà sulla valutazione degli impatti ambientali di un progetto, sulla stima del costo sociale della vita umana e sul valore del tempo. In tal senso verranno descritti i risultati, per alcune di queste voci, ottenuti da recenti Studi di Fattibilità condotti a Roma su importanti infrastrutture di trasporto pubbliche, quali l'Analisi Costi benefici della Linea D della metropolitana di Roma e lo Schema di Fattibilità preliminare della Centralità Urbana di Acilia, entrambe condotte da Atac Spa per conto del Comune di Roma.

Nell'ultima sezione verrà presentata una rassegna su di un *set* indicatori alternativi/integrativi a quelli "classici", come il VAN e il TIR, ma che derivano da questi e sono costruiti specificamente per cogliere gli effetti legati alle esternalità dei progetti in infrastrutture di trasporto.

2 Fondamenti teorici

L'analisi dei progetti, tipicamente di quelli pubblici, consiste in un insieme di tecniche di analisi spesso prelevate da discipline confinanti con l'economia, quali la statistica economica e la matematica finanziaria ed in continua evoluzione. Per quanto riguarda la valutazione delle infrastrutture pubbliche, il fondamento teorico di riferimento è l'opera di Pigou, *Economia del benessere*; successivamente nelle sedi delle istituzioni internazionali che gestiscono assistenza e finanziamenti ai paesi in via di sviluppo, come l'OCSE, l'UNIDO e la Banca Mondiale sono stati sviluppati i metodi sui quali poggia la maggior parte degli studi e delle analisi dagli anni '70 ad oggi. I contributi storicamente più importanti sono quelli di Little e Mirrlees (1968) nel loro *“Manual of Industrial Project analysis”* e il testo di Dasgupta, Marglin e Sen (1972), edito dall'UNIDO e anche tradotto in italiano con il titolo di *“Guida per la valutazione dei progetti”*. Più recentemente, Brent (1998) ha rivisto alcuni dei principi introdotti da Squire e Van der Tak nel 1975 circa l'analisi dei progetti nel manuale *“Economic Analysis of Projects”*. In Italia numerosi autori negli anni passati hanno gettato le basi per la definizione dei principi basilari della disciplina, come Pennisi, Ruta e Scandizzo con il loro *“Tecniche di valutazione degli investimenti pubblici”* (1985), mentre autori come Florio (1991), Parmentola (1991) e Imperatori (1995) hanno ravvivato l'interesse per la materia arricchendola di nuovi contenuti teorici e moderne tecniche di valutazione. Diversi altri economisti hanno elaborato metodologie, teorie e metodi poi raccolte nei saggi del FORMEZ negli anni che vanno dal 1976 al 1994.

Nel campo dell'economia dei trasporti, in particolare nella valutazione delle grandi infrastrutture di tipo pubblico, risulta essere di fondamentale importanza la scelta della tecnologia da adottare nella realizzazione del progetto. Sulla scelta della tecnologia ottimale e sulla valutazione dei diversi esiti derivanti dalla selezione di sistemi differenti esistono importanti contributi quali quelli di Sen (1968), Dorfman (1962) e Leibenstein (1966); per la quantificazione e la stima dei prezzi-ombra in particolare vanno citate le impostazioni generali di Harberger e Mishan sui prezzi cosiddetti “economicamente efficienti”, il metodo di Little-Mirrlees fondato sui prezzi “socialmente efficienti” (metodo successivamente ripreso da Dréze e Stern), tutti metodi in linea con un principio di coerenza interna ma sviluppati al fine di valutare obiettivi diversi del

progetto in esame e fondati su differenti procedure tecniche. Sempre nel settore dei trasporti, l'opera di Adler (1987) rappresenta il riferimento introduttivo ai progetti connessi alla mobilità. Sul tema del valore del tempo, le opere di Fleishner (1962), Beesley (1965), Johnson (1966), Gronau (1970), Quarmby (1972) e Kirschen (1986) approfondiscono diversi aspetti circa le tecniche di stima del tempo; più di recente autori come Gwilliam (1997), e Galvez (1998) hanno ravvivato l'interesse per l'argomento. Sul traffico urbano le opere di Beesley (1965) Beesely e Walters (1970), Bruno e Mazzocchi (1981), Cassone (1981) e Cerisola (1989) affrontano con rigore metodologico gli aspetti legati alla valutazione dei benefici da riduzione del traffico urbano. Per quanto riguarda le esternalità Alesina e Grilli (1980), Cassone e Marchese (1983) e numerosi altri autori hanno trattato le problematiche ambientali legate alla realizzazione delle infrastrutture di trasporto.

Il settore di ricerca è quindi attivo e costantemente arricchito da nuovi contributi teorici ed empirici.

3 Analisi finanziaria: il tasso di sconto finanziario

Nella pratica dell'ACB viene rivolta poca attenzione alla stima di un tasso di sconto che sia realmente contestualizzato al progetto in esame. In Analisi Finanziaria il tasso può assumere il significato di un costo opportunità del capitale che, anziché essere investito nel progetto, è suscettibile di usi alternativi, anche più redditizi; spesso il tasso prescelto per l'attualizzazione dei flussi di cassa ammonta ad un 8-10%, poiché trattasi di valori citati spesso nei vari progetti di investimento e quindi presi come riferimento, senza interrogarsi sul perché tale tasso assuma proprio quel valore e non un altro, più alto o più basso.

Negli ultimi anni per la stima di questo parametro sono adottate sempre più le metodologie di valutazione tipiche delle scienze aziendali; infatti nel calcolo dello sconto bisognerebbe tenere conto della struttura dei tassi di interesse esistente al momento e l'evoluzione futura della stessa, cui andrebbe associata una valutazione del premio per il rischio legato allo specifico investimento esaminato.

Nella pratica questa procedura si presenta onerosa sia in termini di reperimento dei dati sia in termini della loro elaborazione e condensazione in un unico valore, per cui

l'alternativa potrebbe essere quella di prendere a riferimento il tasso di interesse nominale dei rendimenti alternativi privi di rischio, tipicamente i Buoni del Tesoro Poliennali (BTP) o altri titoli *risk free*, per ottenere poi un rendimento al netto della componente di inflazione.

Per l'ACB della Linea D della metropolitana di Roma è stato adottato un tasso pari all'8,74%, calcolato a partire dalla serie dei rendimenti dei BTP a 30 anni aggiungendo ad essi un tasso di rischio sistematicoⁱ e uno di rischio specificoⁱⁱ di progetto, la cui somma è pari al 6%, che nel complesso restituiscono un tasso dell'11,14%. Questo tasso nominale va depurato della componente di inflazione, per ottenere un tasso reale pari a, per l'appunto, 8,74 punti percentualiⁱⁱⁱ.

Un modo diverso per stimare il tasso finanziario è la costruzione di un modello econometrico atto a spiegare il tasso di interesse nominale *risk free* in funzione del saggio di inflazione; i residui da interpolazione di questo modello costituiscono una buona approssimazione del tasso di interesse reale sul quale è possibile stimare il costo-opportunità del capitale investito nel progetto^{iv}, al quale va comunque sommata una componente di premio per il rischio.

Un'applicazione di questo tipo è stata adottata nell'ambito dello Schema di Fattibilità preliminare della Centralità Urbana di Acilia, nella quale venivano esaminate diverse ipotesi tecnologiche per la realizzazione di un sistema di collegamento leggero in grado di attraversare il quartiere di Acilia a Roma fino ad arrivare a Fiumicino.

Il costo opportunità è stato stimato prendendo a riferimento i tassi medi di lungo periodo dei titoli a interesse fisso esenti da rischio (BTP a 30 anni) negli anni dal 1985 al 2005 (20 anni), detraendo da essi il tasso di inflazione (NIC) del corrispondente periodo e ottenendo un valore pari al 4,79%. Al tasso medio così ottenuto è stato aggiunto un "premio di rischio", dato da un coefficiente di variabilità temporale dei rendimenti stessi e pari al 3,3%; la somma, che rappresenta il tasso di sconto finanziario, è pari all'8,1%.

Tra altre alternative possibili per la stima del premio al rischio, una tecnica molto collaudata è quella del *Capital Asset Pricing Model* (CAPM). Scegliendo come riferimento un *mix* di investimenti alternativi, il loro rendimento medio ponderato andrebbe confrontato con il rendimento medio di mercato, scegliendo come *proxy* un

indice sintetico di redditività complessiva (come l'indice MIBTEL o il MIB30) e vedere la correlazione esistente tra il sovra-rendimento dell'investimento composito rispetto al tasso di interesse *risk free* e lo stesso sovra-rendimento calcolato però come differenza tra l'andamento di mercato e lo stesso tasso *risk free*. Questo permetterebbe di valutare la componente di premio al rischio da sommare al tasso *risk free* ricorrendo direttamente ai mercati finanziari, quindi per ottenere un tasso di sconto legato all'evoluzione di mercato degli investimenti alternativi per la selezione dei progetti dal punto di vista della redditività finanziaria^v.

4 L'occupazione e il lavoro: il costo del personale

Il costo del personale nella maggior parte dei progetti di investimento viene stimato moltiplicando il numero di ore-uomo necessarie a compiere un determinato lavoro per il valore del salario orario per singola figura professionale; il valore ottenuto viene poi mantenuto costante nel tempo, oppure adeguato al tasso di inflazione corrente, che in sede di analisi diventa quello prospettico per tutta la vita utile del progetto.

Il costo del personale ragionevolmente è crescente nel corso degli anni, in quanto i salari e gli stipendi crescono nel tempo, ma non è corretto ipotizzarne l'andamento in relazione ad una grandezza di difficile previsione come l'inflazione, per cui sarebbe più corretto ancorarne il valore alla produttività del lavoro. Per la stima di tale tasso è possibile predisporre modelli in grado di relazionare la variazione di un aggregato economico di riferimento (ad esempio il PIL), relativo all'area geografica di interesse, alla variazione di un indicatore del livello di occupazione del medesimo territorio.

Con un modello econometrico si può pervenire, fissando il prodotto totale come variabile dipendente e il numero di occupati/addetti tra le variabili esplicative, ad una stima della velocità di reazione del prodotto in risposta ad una variazione del numero di addetti; in tal modo è possibile isolare l'effetto sulla crescita del PIL derivante dall'aumento dell'occupazione a prodotto medio per addetto costante oppure con prodotto medio crescente ma ad occupazione totale costante.

Il coefficiente associato al numero di occupati/addetti o alla produttività costituisce l'elasticità associata al prodotto per addetto e può essere preso come indicatore del tasso di crescita del costo medio del personale/manodopera^{vi}.

Un modo alternativo, meno sofisticato ma comunque efficace, è quello di considerare la produttività media del lavoro in riferimento ad un identificato arco di tempo, per cui l'adozione di un metodo come questo consentirebbe da un lato di disporre di uno strumento valido sotto il profilo teorico e dall'altro relativamente semplice da calcolare. A titolo di esempio, per l'ACB della Linea D della metropolitana di Roma è stata calcolata la produttività media per addetto della Regione Lazio dal 1975 al 2004, il cui tasso medio di crescita è risultato pari all'1,45%.

Nello Studio di Fattibilità del corridoio della mobilità di Acilia è stato predisposto un modello che mette in relazione il tasso di variazione del Prodotto Interno Lordo (PIL) del Lazio al tasso di variazione degli Occupati nella medesima regione, con lo scopo di calcolare un indicatore di crescita annuale del PIL derivante da un incremento del fattore lavoro. Dal modello risulta che per mantenere invariata la crescita del PIL registrata negli ultimi anni, la produttività deve crescere annualmente dell'1,18% e di conseguenza, anche il monte salari e stipendi nel tempo dovrebbe crescere almeno a questo tasso.

5 Il tasso di crescita dei prezzi delle materie prime

I costi delle materie prime, che nel caso dei progetti di trasporto si concretizzano nei prezzi dei carburanti per trazione e dell'energia elettrica, tipicamente vengono valutati ai loro prezzi correnti e poi tenuti fissi per tutta la durata del progetto.

Il prezzo delle materie prime impiegate nella produzione di un determinato bene o nell'erogazione di un servizio difficilmente rimane costante negli anni, anche se non è possibile costruire modelli attendibili circa l'evoluzione dell'inflazione nel tempo; anche in questo caso la procedura potrebbe consistere nell'analizzare gli andamenti degli anni precedenti per specifiche voci di costo/spesa, magari attribuendo più peso ai valori recenti e meno importanza a quelli dislocati più indietro nel tempo.

Qualunque sia il modello adottato per stimare questi parametri è da tenere presente che ci si sta riferendo a valori passati, per cui da un lato tanto più la serie storica è lunga quanto più le stime saranno attendibili grazie all'ampiezza campionaria ma, dall'altro, serie storiche più lunghe comportano il rischio di incontrare rotture strutturali e

cambiamenti di regime economico tali per cui un modello valido in un sotto-periodo storico non è detto che lo sia anche in un altro sotto-periodo.

Per l'ACB della Linea D della metropolitana di Roma è stata esaminata congiuntamente l'evoluzione della spesa per i prezzi delle materie prime nelle linee metropolitane simili, sia in termini di lunghezza della linea che di numero di convogli in circolazione, alla Linea D in alcune città italiane per gli anni che vanno dal 1995 al 2002 calcolando un tasso di crescita reale, risultato essere pari al 2,79%.

In particolare trattandosi di una metropolitana, si è reso necessario stimare la specifica evoluzione del tasso di crescita del costo dell'energia elettrica.

Per stimare questa componente di costo è stato predisposto un modello basato in parte sull'analisi del trend storico (anni 1978 – 2002) dei consumi totali di elettricità relativi alla Provincia di Roma, che sono cresciuti ad un ritmo del 2,86% l'anno e in parte sull'evoluzione dell'economia reale dello stesso ambito territoriale.

Il consumo di energia elettrica rappresenta un'ottima *proxy* dello sviluppo economico ed industriale di un ambito territoriale e la quantificazione di una relazione di medio-lungo periodo tra la crescita del Valore Aggiunto Totale (d'ora in poi VAT) e la crescita dei consumi di elettricità permette di raffinare il modello di stima sugli andamenti futuri.

Il legame tra lo sviluppo economico e il consumo di energia elettrica si basa su due equazioni econometriche distinte, stimate mediante il metodo dei Minimi Quadrati Ordinari. La prima equazione mette in relazione il VAT a prezzi costanti (base=1995) ed i consumi elettrici, mentre la seconda il VAT a prezzi correnti ed i medesimi consumi di elettricità.

Le serie storiche di partenza sono state trasformate prendendone i logaritmi naturali per meglio interpretare le relazioni tra le variabili considerate e la correlazione tra il VAT a prezzi costanti ed i consumi elettrici è elevata ($R^2 = 0,97$).

La seconda equazione riguarda la correlazione tra il VAT ai prezzi correnti e i consumi di elettricità; in questo caso l'indice R^2 è pari a 0,93, dimostrando che anche questo modello è valido dal punto di vista statistico; in questa seconda equazione il valore del coefficiente β (2,02) è maggiore di quello della regressione precedente (0,65) poiché il VAT ai prezzi correnti è maggiore, in valore assoluto, del VAT ai prezzi costanti.

Ipotizzando che le due relazioni siano valide anche in futuro sottraendo dal valore del coefficiente calcolato a partire dal VAT ai prezzi correnti quello ottenuto a partire dal VAT a prezzi costanti si ricava il tasso a cui il prezzo reale dell'energia elettrica deve necessariamente salire per garantire una crescita dell'1% del VAT reale, tale da mantenere lo stesso trend di crescita dell'economia avutosi in passato e tale tasso ammonta all'1,37% l'anno.

6 Analisi economica: il tasso di sconto sociale

Passando all'Analisi Economica il primo problema concerne la stima del tasso sociale di sconto. Nella pratica si tende ad utilizzare un tasso che oscilla tra il 5 ed il 6% e questo valore è applicato in modo indistinto a tutti i progetti di investimento

Il tasso sociale di sconto andrebbe ricavato seguendo uno dei principali filoni di ricerca teorica, tenendo quindi conto della natura di lungo periodo dell'investimento e facendo uso delle moderne tecniche dell'analisi econometrica. Vista la natura di un intervento destinato a perdurare per un lungo periodo di tempo, il tasso più indicato sarebbe il saggio di crescita naturale dell'economia, approssimabile dalla somma tra il tasso di crescita della produttività del lavoro ed il tasso di crescita della popolazione, seguendo lo schema di crescita tipico del modello Harrod-Domar e ripreso poi da Pasinetti (1962). Sotto precise condizioni si dimostra infatti che il tasso di interesse di lungo periodo coincide con il saggio di profitto a meno di un fattore proporzionale, dato dal reciproco della propensione al risparmio dei capitalisti; se questi ultimi investono tutti i loro profitti, per cui la loro propensione al risparmio è pari ad uno, il saggio di profitto (e quindi il saggio di interesse) raggiungerà il suo livello massimo, dato dal saggio di crescita naturale dell'economia. Il tasso di sconto sociale potrà quindi essere approssimato da questo saggio di crescita naturale. In Italia si assiste da diversi anni ad un fenomeno di calo delle nascite, per cui il tasso di crescita della popolazione può essere posto pari a zero (popolazione stazionaria); in conseguenza di questo, il tasso di crescita naturale dell'economia può essere approssimato dalla sola crescita della produttività.

Per stimare questo tasso può essere utile analizzare l'andamento del prodotto per occupato (valutato ai prezzi costanti) per un congruo numero di anni. Una procedura

analitica potrebbe consistere in una regressione della variabile “prodotto per occupato” rapportata ad una funzione polinomiale del tempo e il residuo da interpolazione assume un significato particolare, in quanto è ciò che rimane della serie di partenza una volta detratta la componente di *trend*, per cui è una stima della componente ciclica e di quella accidentale della serie storica. Questo metodo è stato applicato all’ACB della Linea D della metropolitana di Roma, in cui è stato analizzato l’andamento medio dei tassi di interesse nominali dei BTP dal 1985 al 2004 (20 anni di intervallo temporale) e depurando la serie dall’inflazione calcolata secondo l’indice NIC (Numeri indice Intera Collettività). Una volta ottenuta la serie dei rendimenti reali ne è stato calcolato il valore medio, pari al 4,78%. La variabilità del prodotto per addetto in termini ciclici può essere però molto elevata, per cui non è sufficiente prendere la media dei valori in quanto, visto l’arco temporale di riferimento del progetto, è più corretto usare un tasso di sconto che inglobi al suo interno anche la variabilità del fenomeno studiato.

La variabilità della serie può essere valutata prendendo il rapporto tra la deviazione standard della serie del prodotto per addetto non detrendizzata e la deviazione standard della medesima serie priva della componente di tendenza, per cui il rapporto così calcolato mostra la proporzione della volatilità dovuta agli effetti ciclici di medio-lungo termine rispetto al caso di crescita lineare di lungo periodo; trasformando questo indicatore in un tasso si ottiene una valutazione della ciclicità di medio-lungo termine della crescita economica e quindi una sorta di “valutazione del rischio” associata ad un investimento di grossa portata che dipende dagli sviluppi futuri dell’economia.

Relativamente allo schema di Fattibilità preliminare della Centralità Urbana di Acilia, il valore del saggio sociale di sconto è stato stimato dapprima analizzando l’andamento del prodotto per occupato dell’intero Paese, negli anni che corrono dal 1970 al 2004; tale prodotto per occupato è stato valutato ai prezzi costanti (base = 1995), al fine di escludere la componente di inflazione dalla crescita reale del prodotto stesso. Una volta ottenuta questa serie “depurata” dall’inflazione, è stato calcolato un tasso “medio” a cui è stata sommata la componente “ciclica” legata costruita nel modo appena descritto, ottenendo un tasso al 7,29%.

7 Un approfondimento sul tasso di sconto: fattori di ponderazione temporale

Qualora si ritenga che il tasso di sconto sia corretto in riferimento al contesto in cui verrà calato il progetto una volta realizzato, ma che allo stesso tempo non tenga adeguatamente conto dei benefici attribuibili alle generazioni future, è possibile procedere alla costruzione di indici di ponderazione temporale per la valutazione dei benefici e dei costi dislocati più in avanti negli anni. La stima di fattori^{viii} che tengano conto di elementi concernenti tanto la lunghezza della vita media quanto la consistenza della popolazione molto giovane al momento della valutazione del progetto (quindi i beneficiari nel lungo periodo dell'intervento) può essere formalizzata in vario modo, ad esempio mediante una legge esponenziale in grado di considerare congiuntamente i due fattori (lunghezza della vita media e numero di coorti di popolazione in età giovanile).

La costruzione di uno schema di ponderazione temporale presta il fianco a numerose critiche poiché la sua adozione slega il VAN dal TIR, che non possono più essere letti in maniera complementare. Questa è una metodologia ancora poco collaudata e che è consigliabile utilizzare solo se la si ritiene indispensabile, vale a dire solo se il tasso di sconto sociale è davvero basso (dell'ordine dell'1,5 – 2%), per cui i benefici futuri potrebbero risultare pesantemente sottostimati.

8 Gli espropri

In Analisi Finanziaria tra i costi di investimento di una nuova infrastruttura di trasporto figura la spesa relativa agli espropri, necessari per l'acquisizione dei terreni o per il pagamento delle servitù sulle aree interessate dal passaggio della nuova infrastruttura. Nell'Analisi Economica l'acquisizione di un terreno da parte di un soggetto (che può essere un ente pubblico) per la realizzazione dell'intervento costituisce un trasferimento, cui non corrisponde una creazione di ricchezza; nella pratica il problema viene risolto applicando un fattore di conversione molto basso, prossimo allo zero, alla spesa sostenuta per gli espropri.

Nel caso di una valutazione di un progetto basata sulla costruzione dello scenario "senza intervento" la stima degli espropri non viene considerata in questi termini, ma nel caso in cui l'analisi dovesse prevedere il confronto tra lo status quo e lo scenario "con

l'intervento" allora sarebbe corretto tenere conto degli espropri in termini di perdita di benessere per la collettività.

Il metodo corretto per stimare il valore dei terreni perduto a causa del cambio di destinazione d'uso dovrebbe tener conto invece dell'utilità perduta associata al passaggio dal vecchio proprietario al soggetto promotore del progetto; il valore da stimare dovrebbe contenere quindi una valutazione economica sulla perdita di profitto associata al fatto che i terreni cambiano destinazione d'uso.

Per la valutazione di tale prezzo-ombra va dapprima determinata l'area soggetta ad esproprio e dopo, per stimare la perdita di profitto sociale, va imputata alla quota parte dell'area inerente ad ogni livello territoriale il valore catastale del terreno, oppure la perdita legata alla mancata produzione agricola della zona (in caso di aree rurali), in modo da approssimare la perdita di ricchezza a seguito dell'esproprio per tutta la vita utile del progetto. Il valore così determinato approssima la perdita di ricchezza a carico della collettività a causa della parziale riduzione di valore dell'immobile o del terreno dopo l'esproprio.

9 Esternalità negative

La realizzazione di un'opera infrastrutturale non genera unicamente effetti positivi sulla collettività, ma anche disagi legati sia alle fasi di cantiere che a quelle al funzionamento a regime. In particolare, durante le fasi di costruzione, almeno una parte delle attività commerciali subiranno perdite a causa dei cantieri e della conseguente minore accessibilità a negozi e uffici; i residenti e gli addetti potrebbero avranno disagi per il rumore, le polveri sollevate dagli scavi, le difficoltà nel trovare parcheggio ed altri inconvenienti.

Nella pratica dell'ACB tali effetti tipicamente non vengono inclusi nell'analisi, in quanto richiederebbero troppo tempo per essere stimati compiutamente; in alcuni casi, per le esternalità più rilevanti, si procede ad una valutazione qualitativa degli effetti negativi, senza entrare nel dettaglio di una stima analiticamente e razionalmente corretta.

Questi effetti negativi, al pari delle esternalità positive, andrebbero valutati tramite modelli opportunamente costruiti. In questa sede sono stati considerati alcuni di questi effetti negativi quali:

- la perdita di profitto delle attività economiche situate in prossimità dei cantieri;
- le emissioni di sostanze inquinanti per il maggior consumo e produzione di energia elettrica.

Di seguito verranno approfonditi gli aspetti relativi a queste esternalità.

10 Stima della perdita di profitto delle attività economiche

Le esternalità negative associate alle fasi di cantiere riguardano principalmente le attività commerciali e produttive in generale; in particolare andrebbero quantificate le perdite di profitto durante l'arco temporale previsto per la realizzazione dell'infrastruttura.

Una corretta valutazione di tali effetti dovrebbe tener conto dell'eventuale redistribuzione delle attività produttive sul territorio; infatti se durante la fase di cantiere alcune attività commerciali dovessero incorrere in perdite o dichiarare fallimento è probabile che queste stesse attività si spostino altrove sul territorio, in punti in cui non ci sono interventi in corso e dove la domanda è solida. Potrebbe quindi verificarsi che la distruzione di ricchezza dovuta alla perdita di profitto delle attività economiche situate lungo il cantiere sia più che compensata dal corrispondente incremento che si potrebbe creare altrove sul territorio interessato.

Per procedere alla perdita di ricchezza dapprima andrebbero stimati degli indici di "densità imprenditoriale", legati quindi alla distribuzione sul territorio delle unità locali totali, e il peso percentuale in termini di unità locali di ogni territorio considerato, in modo da calcolare il contributo di ognuno di essi al PIL locale.

L'ipotesi è che il PIL di un territorio sia funzione diretta del numero unità locali ivi presenti o di un altro indicatore, come il numero di occupati nell'area. Considerando k variabili e n zone territoriali distinte (come le aree toponomastiche di una città) che influenzano verosimilmente la creazione del PIL, un'analisi in Componenti Principali consente di ottenere p indicatori sintetici di redditività, con $p < k$, ognuno dei quali è una combinazione lineare delle k variabili di partenza; i punteggi (*scores*) delle

Componenti ottenute possono essere impiegate come variabili dipendenti di una regressione multivariata in cui le variabili esplicative sono le k variabili di partenza.

Successivamente si scorpora dal reddito il solo profitto imprenditoriale perduto dalla quota dei salari pagati ai dipendenti impiegati nelle attività economiche danneggiate^{viii}, al fine di quantificare due diversi tipi di perdita: quella a carico degli imprenditori e quella che grava sui dipendenti. La seconda costituisce un costo sociale a tutti gli effetti, visto che comporta un ovvio problema di occupazione e politiche sociali; la prima è la mancata creazione di reddito sopportata *in primis* dagli imprenditori e in secondo luogo dalla collettività a causa dell'apertura dei cantieri.

Questo profitto può essere approssimato a seguito di un *benchmark* con gli investimenti alternativi sul mercato, visto che un'attività commerciale (o economica in generale) può essere considerata alla stregua di un investimento intrapreso per ottenere un rendimento (come gli investimenti in azioni o titoli di Stato). Si può calcolare quindi un rendimento medio per gli investimenti di mercato, inteso come somma di due componenti: una prima esente da rischio e una seconda solo di rischio. In tal modo si ottiene un "tasso di rendimento" medio in linea almeno con quanto si sarebbe ottenuto investendo in altro modo. Questo tasso va applicato alla quota di PIL e si ottiene la perdita di profitto imprenditoriale che è stata ipotizzata in base al diverso livello di "danno". Infatti, il danno economico è plausibile che sia maggiore per le attività economiche situate nelle immediate vicinanze dei cantieri, mentre le attività più distanti probabilmente risentiranno di meno degli effetti negativi della costruzione delle opere civili^{ix}.

E' ragionevole ipotizzare che altri soggetti trarranno un vantaggio dal passaggio della metropolitana (o di una qualunque altra infrastruttura di trasporto), oppure potrebbe trattarsi degli stessi soggetti che in fase di cantiere sono danneggiati dai lavori, mentre una volta completata l'opera avranno dei benefici maggiori rispetto ai costi sostenuti durante le fasi di realizzazione; questi benefici possono essere valutati attribuendo una parte della crescita delle attività commerciali (misurabile tramite il fatturato) alla presenza della nuova infrastruttura anche se in questa sede tali benefici non sono trattati.

11 Emissioni inquinanti per la maggior produzione di energia elettrica

Le esternalità negative legate all'inquinamento atmosferico possono essere valutate considerando ad esempio che per garantire il normale funzionamento di un'infrastruttura su ferro è necessario incrementare non marginalmente la produzione di energia elettrica.

Il costo esterno associato al consumo di energia da trazione ha effetti delocalizzati rispetto all'esercizio dell'infrastruttura, in quanto le centrali di produzione sono situate esternamente alla zona di interesse, e l'ordine di grandezza di tale costo risulterà sicuramente inferiore a quello dei benefici, ma è comunque corretto inserire tali effetti nell'analisi.

Questa stima si basa sulla valutazione delle emissioni associate alla produzione di ogni kWh di energia elettrica. Tenuto conto che la massa di anidride carbonica generata dalla combustione è notevolmente superiore alla massa di tutti gli altri composti che contribuiscono all'effetto serra, e viste le incertezze che sussistono in materia, solitamente le stime delle emissioni antropiche dei gas serra saranno limitate alle emissioni di CO₂.

La Comunità scientifica internazionale ha valutato la capacità di ciascun inquinante di contribuire all'effetto serra, stimando dei coefficienti di conversione in grado di riportare le emissioni di gas serra in termini di CO₂ equivalente; inoltre possono essere quantificate anche le emissioni totali dei singoli inquinanti associate alla produzione di energia elettrica, quindi i vari Ossidi Zolfo, Ossidi di Azoto, Particolato Molecolare, Composti Organici Volatili e Non Volatili e altre sostanze tossiche per l'uomo e per l'ambiente.

La valutazione economica di questi inquinanti conta sull'esistenza di numerosi studi, per cui una volta applicati i valori economici alle quantità di queste sostanze inquinanti associate alla produzione di 1 kWh in più di energia elettrica impiegando i consueti schemi di produzione, quindi analizzando la produzione delle centrali elettriche alimentate a gasolio o a gas naturale nel caso dell'Italia.

Gli studi ingegneristici sono in grado di stimare il consumo di kWh della nuova infrastruttura realizzata, per cui applicando alle relative quantità aggiuntive di sostanze

inquinanti i valori monetari desunti dai numerosi studi esistenti in letteratura si perviene ad una valutazione monetaria di queste esternalità.

E' possibile anche ipotizzare un andamento temporale per questi fattori, dovuto non tanto alle variazioni delle quantità monetarie quanto alle variazioni degli inquinanti stessi.

12 Esternalità positive

Le infrastrutture di trasporto generano numerose esternalità positive, come i benefici economici indotti dall'intervento e gli effetti occupazionali sul territorio di riferimento, la variazione del surplus del consumatore. Nei tradizionali studi di stampo trasportistico tra le esternalità si annoverano la variazione del tempo di percorrenza per gli spostamenti, i risparmi legati all'uso dei veicoli privati, i benefici derivanti dalla domanda indotta e i benefici conseguenti alla riduzione dell'incidentalità.

In un secondo livello di approfondimento dell'analisi possono essere esaminati e valutati gli effetti di quelle esternalità (indirette) che coinvolgono l'intera collettività interessata dall'intervento, non solo gli utenti del trasporto.

In particolare, si considerano:

- l'incremento di valore degli immobili, direttamente legato alla migliore accessibilità alle varie zone della città a seguito della realizzazione di un'importante infrastruttura di trasporto;
- la diminuzione dell'inquinamento atmosferico e la valutazione della riduzione dell'inquinamento acustico.

13 Benefici economici indotti

La valutazione degli effetti economici indotti di un investimento su un territorio può essere condotta analizzando il tasso di variazione di un indicatore di crescita economica in risposta ad una variazione degli investimenti, il tutto in un'ottica di variazioni differenziali rispetto ad usi alternativi delle risorse. Infatti, un investimento nel settore dei trasporti produce degli effetti sull'intero tessuto economico, ma ad esempio anche un investimento nel settore dei servizi alle imprese produce degli effetti sull'economia, anche se in misura diversa dai primi; per valutare correttamente il contributo di un

investimento nel settore dei trasporti è opportuno analizzare il differenziale moltiplicativo dovuto ad un investimento nei trasporti rispetto alla media degli investimenti in tutti gli altri settori. In questo caso i moltiplicatori di impatto differenziali in alcuni casi saranno positivi ed in altri negativi e solo la loro somma potrà stabilire se investire nei trasporti genera effetti relativamente maggiori per l'economia rispetto ad un investimento medio in tutti gli altri settori.

Un modo diverso per valutare questi effetti in riferimento al territorio esaminato può essere quello di stimare delle elasticità, quindi degli indicatori in grado di restituire la variazione percentuale di un aggregato economico come il PIL (o una sua *proxy* per evitare i problemi della sottostima dell'aggregato a causa del sommerso) in risposta alla variazione dell'1% di una o più variabili esplicative ad essa correlate.

La stima di queste elasticità può essere determinata mediante un modello che mette in relazione la variabile dipendente, ad esempio i consumi elettrici, e alcune variabili esplicative, come gli Investimenti Fissi Lordi. Ipotizzato che gli investimenti esercitino una spinta propulsiva alla crescita economica locale, è possibile calcolare un ulteriore fattore correttivo, che può essere in aumento o in diminuzione, a seconda che la quota di investimento su un aggregato economico di riferimento sia maggiore o minore della quota media degli investimenti sullo stesso indicatore su una scala territoriale diversa (come la media nazionale).

Questo criterio asserisce che se l'investimento rapportato al VAT "locale" nelle diverse alternative di realizzazione è maggiore o minore della quota media di IFL sul per un certo numero di anni allora il relativo effetto di crescita legato alle elasticità ora calcolate sarà rispettivamente più alto o più basso e rappresenta una stima circa lo sviluppo economico differenziale indotto da un rilevante intervento nel settore trasportistico.

14 Moltiplicatori di impatto dei benefici economici indotti

La valutazione degli impatti economici indotti sul sistema territoriale locale, stimati nel modo esposto precedentemente, si basa in una prima fase sul calcolo di un moltiplicatore di impatto "statico", vale a dire valutato nel momento immediatamente successivo alla messa in opera dell'infrastruttura realizzata.

Non è ragionevole però ipotizzare che gli effetti moltiplicativi di questo investimento siano permanenti ma è più verosimile pensare che la loro entità sia soggetta ad un declino nel corso del tempo.

Esistono diversi metodi per descrivere l'andamento nel tempo degli effetti moltiplicativi di un investimento in un dato territorio(modelli a ritardi distribuiti), per cui una volta scelto il modello di riferimento più attendibile è possibile stimarne i parametri mediante un appropriato modello matematico-statistico in modo tale da distinguere il moltiplicatore “*di impatto*” (nel periodo iniziale) dai moltiplicatori “*ad interim*” (negli anni successivi alla messa in esercizio dell'infrastruttura).

La somma del moltiplicatore “*di impatto*” e dei moltiplicatori “*ad interim*” dà luogo al moltiplicatore totale.

15 Effetti occupazionali: le tavole intersettoriali dell'economia

Gli effetti occupazionali possono essere valutati mediante i coefficienti di attivazione del lavoro, ottenibili a partire dalle tavole input-output.

Una volta valutate le quantità di lavoratori aggiuntivi necessari per produrre l'incremento di offerta volto a soddisfare la variazione della domanda, si deve procedere all'attribuzione di un valore monetario alle singole unità di lavoro, gli occupati, al fine di quantificarne in moneta gli effetti ai fini dell'analisi economica (salario-ombra), diverso a seconda se nell'area di intervento si è in presenza di disoccupazione o meno; in questo secondo caso è altamente probabile che il progetto generi effetti positivi, in quanto si innescherà verosimilmente un processo di tipo moltiplicativo.

Il salario-ombra va valutato tenendo conto del fatto che i nuovi lavoratori in assenza del progetto avrebbero comunque avuto un livello dei consumi almeno pari alla sussistenza stimabile nel consumo pro-capite più basso nell'intero Paese. Successivamente si rende necessario il passaggio ai valori economici, previo lo scorporo dai consumi dell'Imposta sul Valore Aggiunto e di altri fattori distorsivi.

La seconda componente, da cui va detratta la parte relativa ai consumi economici reali sopra descritti, si può calcolare partendo dal totale del monte salari per i lavoratori dipendenti e dividendolo per il numero di occupati alle dipendenze, con lo scopo di

ottenere una stima del salario medio monetario per occupato, anche in questo caso è necessario depurare il valore ottenuto dalle componenti di trasferimento.

Il valore ottenuto rappresenta il salario “economico”, da cui va sottratto il livello dei consumi di sussistenza al fine di valutare il maggior reddito disponibile reale.

16 Incremento del surplus del consumatore

Un metodo per cogliere la variazione di benessere causata dall'incremento di domanda, in chiave statica, è dato dalla stima del *surplus* del consumatore. Il metodo consiste nel valutare l'effetto in termini di maggior benessere per gli utenti del trasporto pubblico generato da una variazione della domanda e, contestualmente, dell'offerta del servizio.

L'aumento della domanda comporta lo spostamento parallelo verso l'alto e verso destra della curva di domanda del trasporto pubblico, come conseguenza della variazione dell'offerta, e l'incrocio tra le due curve potrebbe avvenire allo stesso livello di “prezzo” precedente, solamente in corrispondenza di una quantità più elevata^x; questo perchè la semplice ripartizione modale dà luogo a spostamenti *lungo* la curva di domanda, mentre la domanda indotta da origine ad uno spostamento *della* domanda stessa, con conseguente variazione del *surplus*. Per valutare la variazione del *surplus* è necessario stimare una curva di domanda del TPL, mediante un modello econometrico in grado di relazionare la variazione della quantità domandata del servizio in risposta alla variazione di un *set* di indicatori, quali il prezzo del bene considerato (la tariffa), il prezzo di un bene sostituto, il reddito medio ponderato degli utenti del TPL, una serie di attributi sulla qualità del servizio e sulla sua disponibilità (densità della rete) e altre componenti.

La stima di una curva di domanda va incontro a numerosi problemi di ordine tecnico, primo tra tutti il reperimento dei dati necessari alla costruzione del modello.

Un altro problema nasce dalla scelta della forma funzionale più adeguata a rappresentare il fenomeno indagato; la scelta di una specificazione lineare del modello impone che le varie elasticità quantità-prezzo (tariffa), quantità-reddito, quantità-bene succedaneo siano variabili in funzione del punto di osservazione lungo la curva di domanda; d'altro canto la specificazione di un modello econometrico doppio-logaritmico impone elasticità costanti lungo tutta la funzione^{xi}. A partire da questa si

tratta di quantificare la traslazione verso l'alto e a destra della stessa a seguito dell'aumento dell'offerta (in genere tale risultato viene direttamente dallo studio trasportistico), ipotizzata verticale in quanto la tariffa non è legata alla quantità offerta come per i normali beni di mercato ma è un prezzo amministrato, per cui si può quantificare il *surplus* del consumatore e attribuirgli un valore monetario.

Va ribadito che questi benefici sono statici in quanto la loro valutazione dinamica presuppone elementi di natura diversa da quelli fin qui considerati, che comunque esulano da questa trattazione ma un modo per tenerne comunque conto è di includere tra i benefici dell'analisi il valore residuo dell'opera.

17 Valore residuo dell'opera

Il valore residuo dell'opera in Analisi Finanziaria in genere è stimato come la differenza tra il valore "ammortizzato" e il valore iscritto al "costo storico" nell'attivo di bilancio, vale a dire il valore totale di mercato dell'infrastruttura realizzata.

In Analisi Economica la valutazione di questo aspetto è più complessa, anche se nella pratica si usa applicare una percentuale (tipicamente un valore compreso tra il 30 e il 40%) al costo dell'investimento iniziale per ricavare tale valore.

Un metodo più corretto potrebbe essere quello di prendere il valore dei benefici netti totali relativi all'ultimo anno dell'arco temporale analizzato e considerandolo costante per gli anni futuri a partire dall'ultimo anno di vita utile del progetto; questo valore va poi diviso per il tasso di sconto sociale e il risultato è il valore attuale di una rendita perpetua a tasso costante. Dal punto di vista teorico è ragionevole ipotizzare che i benefici futuri del progetto, quelli che non vengono calcolati poiché vanno oltre l'ultimo istante di valutazione, costituiscono una rendita virtualmente infinita per tutte le generazioni future, che infatti potranno disporre dell'infrastruttura realizzata a patto che essa sia mantenuta in efficienza nel corso degli anni.

Questa metodologia fornisce come risultato un valore elevato del valore residuo dell'opera, che in tal caso può essere chiamato "beneficio perpetuo dell'investimento", ma considerando che in analisi economiche di questo tipo l'ultimo istante di valutazione temporale può essere il quarantesimo o il cinquantesimo anno rispetto all'anno zero, il processo di attualizzazione fa sì che tale valore verrà comunque molto ridimensionato.

18 Riduzione del numero di incidenti stradali: valore della vita umana, dei feriti e dei danni alle cose

La componente più rilevante dal punto di vista dei vantaggi collettivi a seguito della diminuzione degli incidenti è data dalla valutazione economica della vita umana, o più precisamente dalla stima del minor numero dei morti su strada conseguenti alla diminuzione dei veicoli privati circolanti^{xii}, sempre nel caso in cui si stesse valutando una nuova infrastruttura di trasporto pubblico.

In letteratura esistono diversi metodi, più o meno opinabili, per stimare il valore della vita umana. Nell'ambito della teoria economica, più propriamente dell'economia pubblica e del *welfare*, è opportuno basarsi su metodi che includono tanto il valore che la collettività assegna indirettamente alla vita e alla buona salute di ciascun cittadino, quanto il contributo del singolo lavoratore alla crescita economica del paese.

Tali metodi consistono quindi nell'imputare al valore della vita di ogni individuo lavoratore la spesa che lo Stato ha sostenuto per mantenerlo in salute per tutti gli anni in cui è vissuto, e il contributo che il singolo darà al Valore Aggiunto del Paese attraverso la propria attività produttiva.

Nella pratica dell'ACB si usa prendere i valori prodotti dalle compagnie di assicurazione, oppure si usa valutare la vita umana con una somma pari all'incirca ad 1 milione di euro, valore direttamente derivato dall'equivalente importo in lire utilizzato qualche anno fa nella maggior parte degli studi trasportistici.

La stima invece andrebbe condotta seguendo un'analisi diversa e considerando la spesa sostenuta dallo Stato per la tutela della cittadinanza e la perdita per la collettività in termini di VAT.

Per essere più corretta tale valutazione necessita di ulteriori ipotesi:

- distinzione tra soggetti che lavorano da quelli che non lavorano;
- periodo di attività lavorativa;
- durata media della vita;
- la frequenza dei morti per incidenti automobilistici e le relative classi d'età di appartenenza.

La somma tra la spesa sostenuta annualmente dallo Stato per la sicurezza e la salute in generale e il contributo annuale al VAT perduto a seguito della morte del soggetto, rappresenta il valore attribuito dalla collettività alla vita umana di un lavoratore.

La valutazione dei benefici legati alla riduzione dell'incidentalità stradale include anche la stima economica del minor numero di feriti. Tipicamente, così come nel caso della vita umana, nelle ACB inerenti ai trasporti si usa attribuire un valore “*standard*”, derivato da studi analoghi che a loro volta lo hanno prelevato da lavori precedenti e così via. Il valore monetario di tale voce di costo andrebbe calcolato distinguendo tre componenti:

- la spesa a carico del sistema ospedaliero;
- la spesa generale a carico del Sistema Sanitario Nazionale;
- il contributo al VAT da parte dei soggetti lavoratori, o la spesa per la protezione sociale che lo Stato sostiene nel caso dei non lavoratori.

Riferendo le voci suddette al periodo di convalescenza è possibile passare ai valori monetari da inserire tra i benefici legati alla riduzione dell'incidentalità stradale.

Un altro beneficio diretto appartenente alla categoria sicurezza stradale, da valutare in termini monetari, è dato dalla riduzione dei danni alle cose e dalla conseguente diminuzione delle spese per soccorso stradale che lo Stato o gli altri Enti Locali annualmente sostengono; in alternativa, se esiste un differenziale positivo dei salari associato al rischio di incorrere in un incidente stradale, tale differenziale può essere assunto come riferimento per attribuire un valore ad un incidente.

Gli studi convenzionali sull'ACB tendenzialmente escludono questa voce di costo dalla valutazione; qualora vi sia un interesse alla sua quantificazione viene usato il semplicemente valore medio di mercato dei veicoli che normalmente sono coinvolti in un incidente moltiplicato per un valore percentuale (in genere il 50%).

La ricostruzione della voce di costo, relativa ai danni subiti dai veicoli coinvolti andrebbe basata sul valore medio di mercato degli stessi distinti per categoria veicolare, opportunamente ponderati sulla loro vita media residua, e su un valore medio del danno, calcolato come percentuale sul valore residuo^{xiii}. Inoltre gli incidenti in ambito urbano coinvolgono spesso, danneggiandole, le strutture edilizie limitrofe alle arterie stradali, la segnaletica verticale, gli impianti semaforici ed altro.

Solitamente si stima che tali danni monetari vadano ad incrementare del 10 – 15% il danno relativo al veicolo coinvolto, per cui sommando tra loro tutte le voci esaminate si ottiene una stima del costo sociale degli incidenti stradali. Questo costo è quindi speculare al guadagno di cui la collettività trarrà beneficio nel caso in cui si verificasse, a seguito della realizzazione di un'infrastruttura di trasporto pubblico come una metropolitana, una riduzione del numero di incidenti grazie alla diversione modale da mezzo privato a mezzo pubblico.

Per la linea D della metropolitana di Roma, partendo dalla produttività media del lavoro, dalla speranza di vita alla nascita per l'individuo medio, per la probabilità di sopravvivenza anno per anno e tenendo anche conto della condizione di occupato e non occupato del generico soggetto, il valore della vita umana è stato quantificato in circa 1 milione e 300 mila euro, il valore economico di un ferito è di circa 26 mila euro mentre il valore medio del danno alle cose è di circa 9 mila euro.

19 Valore del tempo

Il valore del tempo è una delle poche esternalità positive considerate nelle convenzionali ACB condotte sui progetti di trasporto. Allo stesso tempo costituisce uno dei benefici la cui quantificazione è maggiormente standardizzata, in quanto da lunghi anni si usa attribuire ad un'ora di tempo risparmiato un valore di 6-8€.

Per pervenire invece ad una corretta valutazione del valore del tempo risparmiato per un generico spostamento sarebbe necessario, prima, quantificare il valore di ogni singola ora risparmiata, da combinare, poi, al monte di ore annualmente risparmiate grazie alla realizzazione della nuova infrastruttura.

Il primo elemento di analisi riguarda la distinzione tra il tempo di spostamento legato a motivi di “lavoro” da quello di “non lavoro”, essendo diversa, da parte di ognuno, la percezione del valore delle due entità; ciò è possibile attraverso la costruzione di un prezzo-ombra del valore del tempo che tenga conto di tutte le componenti che lo costituiscono.

L'elemento base per costruire tale prezzo-ombra è rappresentato dalla stima del valore di un'ora dedicata al lavoro in senso stretto tenendo conto per tutte le variabili in esame delle divergenze esistenti tra i valori di mercato ed i valori sociali^{xiv}.

Inteso in questo senso, il “costo” (valore del tempo) del lavoro può essere ben rappresentato dal contributo lavorativo dell’individuo alla formazione del VAT della area geografica di appartenenza, calcolato come il rapporto tra il VAT e il prodotto tra gli occupati totali e il numero medio di ore lavorative annue^{xv}.

Lo scopo di questa prima fase dell’analisi è quello di definire la composizione della forza lavoro in termini di *occupati dipendenti* (orari fissi, stipendio fisso, esigenze di mobilità sistematica) e di liberi professionisti. Tenuto conto del totale delle ore annuali di lavoro per le categorie dei lavoratori dipendenti e dei non dipendenti, si può calcolare un valore medio relativo al generico lavoratore, che rapportato al VAT fornisce il valore orario del tempo.

A questo punto si rende necessario distinguere il valore del tempo in relazione agli altri motivi dello spostamento, diversi da quello dedicato al lavoro in senso stretto, in modo da non sovrastimare l’effettivo costo-opportunità.

Le tre categorie considerate sono:

- spostamenti per lavoro (motivo del *business*);
- spostamenti casa-lavoro. In questo caso i singoli individui considerano il tempo necessario al trasferimento come parte integrante del lavoro, quindi questa porzione di tempo deve essere valutata in base alla retribuzione netta percepita dal soggetto;
- spostamenti per altri motivi. Per il tempo libero si può considerare contestualmente sia l’uso alternativo del tempo (*shopping*, cinema, teatro, passeggiata al parco ecc.), che le diverse categorie di soggetti (studenti, lavoratori, disoccupati, ecc.).

Per il secondo aspetto, quello legato alla quantificazione delle ore effettive annualmente risparmiate, è possibile applicare i risultati delle simulazione condotte in sede di analisi trasportistica. Moltiplicando questo risparmio di tempo per il valore monetario orario stimato in precedenza si ottengono i benefici economici relativi ai minori tempi di percorrenza sui veicoli privati.

I tempi risparmiati almeno in parte vengono “spesi” sulla rete pubblica, costituendo un costo che va detratto dal totale dei benefici legati al risparmio dei tempi di spostamento “privato”; il valore monetario attribuito all’unità di tempo considerata (l’ora) è il

medesimo di quello usato per il risparmio di tempo sui veicoli privati, la cui stima è stata descritta in precedenza.

A questo punto sarebbe necessario analizzare attentamente il fenomeno della riduzione dei tempi di percorrenza sui veicoli privati, in quanto non tutti gli utenti apprezzeranno tale diminuzione; infatti che tali tempi per alcuni utenti si riducano in maniera rilevante, mentre per altri diminuiscano di pochi minuti o secondi in modo appena percettibile.

Una volta considerati congiuntamente questi effetti si perviene ad una stima dei benefici connessi alla riduzione dei tempi di percorrenza. Per la Linea D della metropolitana di Roma la stima di un'ora di tempo risparmiata è pari a 10,04€.

Nello Studio di Fattibilità preliminare della Centralità Urbana di Acilia, il valore della vita umana è stato stimato in un modo del tutto diverso. Infatti si è voluto calcolare il valore economico della vita umana di un generico individuo (detta anche vita "anonima") indipendentemente dal fatto che il soggetto sia attivo sul mercato del lavoro o meno, quindi al netto di ogni contributo dei singoli al prodotto (ricchezza dell'area o del paese). Per effettuare questa stima si è preso come base il consumo pro-capite di sussistenza, in quanto qualsiasi persona, lavoratrice o meno (quindi inclusi bambini, giovani ed anziani), per sopravvivere consuma almeno i beni strettamente necessari. Dai dati Istat si è stimato il consumo di sussistenza di tutte le province d'Italia, assumendo come livello di sussistenza il valore della provincia più povera.

Questo valore è stato poi capitalizzato, per tutta la vita degli individui (che in base alle stime effettuate dall'Istat è risultata essere 80 anni per le donne e 75 per gli uomini) al saggio naturale di crescita dell'economia, pari alla produttività del lavoro (1,74%).

Per stimare il prezzo-ombra del tempo in base al valore della vita umana è bastato dividere il valore capitalizzato del consumo per la speranza di vita di un individuo trasformata in ore. Tale valore ammonta a 2,71 €/ora, profondamente diverso rispetto a quello adottato per la Linea D della metropolitana di Roma, in quanto sono differenti le premesse teoriche che sono a fondamento dei due metodi di stima.

Non è tra gli obiettivi di questo lavoro stabilire quale sia il valore corretto tra i due, in quanto lo scopo era solo di presentare due metodologie alternative, in particolare la seconda essendo particolarmente innovativa ma ulteriori approfondimenti e studi potrebbero essere rivolti in tal senso.

20 Incremento di valore degli immobili

La variazione di valore degli immobili situati in prossimità di una nuova infrastruttura di trasporto in genere non viene considerata negli studi trasportistici perché particolarmente onerosa in termini di dati da raccogliere e modelli da costruire per giungere ad una valutazione il più possibile aderente alla realtà.

E' possibile però implementare diverse metodologie per la stima di questo tipo di beneficio, misurando il contributo all'incremento di valore degli immobili dato dal nuovo investimento, a prescindere dal normale andamento di mercato. Una delle tecniche di stima più collaudate a livello empirico si basa sul concetto di "prezzo edonico" (o anche valutazione edonimetrica), ottenuto adattando le tecniche di valutazione dei beni ambientali alla stima del bene accessibilità al sistema di trasporto pubblico e privato.

Un modello econometrico dovrebbe spiegare il prezzo al metro quadrato ad esempio di un appartamento come funzione di una serie di attributi, quali il numero di vani, il numero di metri quadrati complessivi, il piano, il pregio dell'edificio e altre variabili quali-quantitative, oltre alla presenza o meno di un sistema di trasporto come una metropolitana nelle immediate vicinanze dell'immobile. Il coefficiente di regressione associato a questa variabile, tipicamente di tipo dicotomico, esprime il contributo alla formazione del prezzo dell'abitazione da parte del bene accessibilità.

Nell'analisi è possibile attribuire pesi diversi agli incrementi dei valori immobiliari a seconda della distanza dal punto di accesso al servizio di trasporto pubblico, di solito identificato con una stazione, una banchina, ecc. tenendo in considerazione i servizi già presenti al fine di evitare una sovrastima dei benefici.

Un secondo modello di valutazione deve essere messo a punto al fine di predire l'andamento futuro dei prezzi degli immobili situati lungo l'area di interesse della nuova infrastruttura, scegliendo la forma funzionale più idonea a cogliere l'andamento futuro dei prezzi di mercato. L'analisi delle serie storiche economiche, tipicamente costituita dai modelli AutoRegressivi (AR) dai modelli a Media Mobile (MA) o dalle loro combinazioni (ARMA) e varianti (ARIMA), prevede la possibilità di modellare il valore in media di una serie economica, anche in presenza di un *drift*, che nel caso è dato dal maggior valore generato dalla vicinanza del sistema di trasporto.

Unendo le informazioni contenute in questi modelli è possibile costruire un profilo dei benefici legati alla rivalutazione dei beni immobiliari interessati dall'intervento.

La distribuzione temporale di questi benefici economici comunque riposa su due elementi fondamentali:

- l'effetto "annuncio/anticipo": i canoni di locazione (e di conseguenza i prezzi di vendita) degli immobili iniziano a crescere dal momento in cui si diffonde la notizia della futura realizzazione dell'opera;
- il massimo valore di mercato si raggiunge nei primi anni di entrata in funzione della metropolitana; negli anni seguenti l'intensità di tali aumenti si smorzera' lentamente, fino a convergere verso il normale andamento di mercato dei valori immobiliari.

E' di fondamentale importanza non considerare soltanto le rendite immobiliari in senso assoluto ma soprattutto quelle relative (rendite differenziali), per cui il godimento derivante dal possedere una posizione geograficamente privilegiata rispetto a un qualche attributo cambia con la distribuzione spaziale degli attributi stessi. In altri termini, se prima una zona di una città era avvantaggiata rispetto alle altre dalla presenza di una metropolitana, l'apertura di una nuova linea comporterà una riduzione dei prezzi nella prima area ed un aumento nella seconda a seguito della redistribuzione delle localizzazioni residenziali e commerciali causata dall'entrata in esercizio della nuova infrastruttura; questo però cessa di valere nel momento in cui si ha un incremento della popolazione, quindi la domanda di abitazioni continua a crescere e l'aumento dei prezzi continua ad esserci. Una volta stimato il valore dell'incremento delle diverse tipologie di immobili è possibile costruire delle funzioni in grado di fissarne l'andamento in ragione del tempo e tali da considerare la quota di incremento di valore che si avrà anno per anno.

21 Benefici da riduzione dell'inquinamento atmosferico

L'inquinamento atmosferico è uno dei problemi che più influiscono sul benessere della collettività e i suoi effetti si manifestano su diversi ambiti territoriali.

E' dimostrato che l'inquinamento a livello locale produce danni alla salute umana, agli edifici ed all'ambiente biotico in generale, in particolare a causa prevalentemente del

particolato, degli NO_x , dei COV e del CO . A livello regionale l'inquinamento atmosferico provoca le piogge acide, che hanno pesanti ripercussioni sulla vegetazione, sugli ecosistemi, sugli edifici, sui monumenti e sull'intero assetto del territorio. A livello planetario gli inquinanti provocati dal settore dei trasporti contribuiscono in maniera non residuale all'effetto serra, per il quale i principali responsabili sono come già visto l'anidride carbonica (CO_2), il metano (CH_4), il protossido d'azoto (N_2O) e i clorofluorocarburi (CFC).

In ambito urbano in particolare i costi sociali dell'inquinamento atmosferico derivano principalmente dai trasporti e sono strettamente legati agli effetti dei vari inquinanti emessi dai veicoli in circolazione su strada.

La gran parte delle ACB sui trasporti tende a non quantificare tali effetti, ma semplicemente a prenderne atto secondo una valutazione meramente qualitativa; qualora qualche studio si spingesse oltre, in direzione di una stima quantitativa, si fermerebbe ad un semplice calcolo, espresso come decurtazione dei benefici di un valore pari al 20% a causa dei danni causati all'ambiente o, in caso di benefici prodotti verso l'ambiente, ad incrementare gli stessi di una percentuale analoga. Tale percentuale sembrerebbe essere dedotta a partire dai pareri di esperti della materia, naturalisti, biologi, fisici e così via.

Una valutazione più corretta dovrebbe dapprima inquadrare il problema nell'ottica del progetto in analisi: la realizzazione di una nuova metropolitana trasferisce parte degli spostamenti dal mezzo privato su gomma (che genera emissioni dannose) a quello pubblico su ferro (virtualmente ad inquinamento zero *in loco*), per cui sia ha una certa ripartizione modale.

Per determinare l'entità delle emissioni inquinanti correlate all'uso della rete stradale nei due scenari "con" e "senza" il progetto si possono utilizzare le varie metodologie attualmente in uso, come quella del progetto CORINAIR (*COoRdination – INformation – AIR*), attualmente utilizzata dall'EEA (*European Environment Agency*) nell'ambito della redazione dei rapporti sullo stato dell'ambiente.

La metodologia e i fattori di emissione dei veicoli in circolazione possono essere valutati tramite i modelli di simulazione trasportistica che, assieme ai consueti *output* in

termini di variazione dei tempi e dei km di percorrenza sia su mezzo privato che su mezzo pubblico, forniscono le quantità cercate.

La stima delle emissioni da traffico a livello locale si basa sui seguenti dati:

parco circolante per categoria di veicolo ed anno di immatricolazione;

- consumi di carburante per tipo di combustibile e per categoria di veicolo;
- percorrenze totali per categoria di veicolo;
- frazioni di percorrenza a freddo per classe di velocità e per categoria di veicolo;

Le formule sono funzione dei seguenti fattori:

- numero dei veicoli che transitano sull'arco in esame;
- velocità media dei veicoli che transitano sull'arco in esame;
- composizione del parco veicolare.

Per la valutazione economica delle emissioni di inquinanti così stimate si possono impiegare i valori provenienti da vari studi empirici. Si tratta di valori puramente indicativi in quanto l'effettiva valutazione di queste sostanze, derivate da numerose tecniche di stima, sono oggetto di un attivo ramo di ricerca che non ha ancora espresso valori standard per le diverse realtà territoriali.

22 Benefici da minore inquinamento acustico

L'inquinamento acustico, in particolare quello generato dal trasporto privato in ambito urbano, è tra le più diffuse forme di inquinamento ed è considerato una delle principali cause del peggioramento della qualità della vita di chi risiede nelle grandi realtà metropolitane. Si pone quindi il problema della misurazione del rumore e di una quantificazione monetaria dei suoi effetti sull'uomo e sull'ambiente.

In Italia nella pratica dell'ACB tali effetti non vengono considerati, per gli stessi motivi legati alla valutazione dell'incremento/decremento di valore degli immobili, vale a dire la mole di dati necessaria alla quantificazione e i complessi modelli di valutazione da costruire e valicare.

Le difficoltà legate alle tecniche di misura e caratterizzazione del rumore, agli effetti nocivi sulla salute umana, ai provvedimenti per combattere e ridurre l'inquinamento acustico in effetti dipendono dalla complessità della materia e sono costantemente oggetto di ricerca da parte degli esperti.

E' possibile però adottare delle procedure scientificamente valide, dato che la letteratura internazionale contempla numerosi studi basati sulla valutazione monetaria dei danni del rumore dovuto ai trasporti in generale. Tra le metodologie di quantificazione monetaria vanno ricordate:

- il metodo dei prezzi edonici, vale a dire la stima della diminuzione del valore di mercato degli alloggi esposti all'inquinamento acustico (e dei loro canoni di locazione);
- il metodo dei costi di prevenzione, cioè la stima delle spese da sostenere per prevenire il rumore;
- il metodo dei costi di abbattimento, basato sugli esborsi necessari per abbattere l'incidenza del rumore sulla popolazione;
- la *valutazione contingente*, la stima della Disponibilità a Pagare (*DaP*) da parte delle persone esposte per beneficiare di un ambiente sonoro accettabile.

Numerosi lavori quantificano i costi esterni del rumore in modo molto differente e i risultati sono a volte molto diversi tra loro^{xvi}. La metodologia proposta in questo lavoro si basa nuovamente su un'applicazione della tecnica dei prezzi edonici; per la valutazione dell'impatto acustico si agisce sul deprezzamento delle abitazioni dovuto all'eccesso di rumore (misurato in dB(A)) rispetto ai valori di soglia diurni e notturni comunemente accettati dalla comunità scientifica e medica, assunti dalla normativa di riferimento come base per la quantificazione del suono. La tecnica proposta permette quindi di incorporare nel valore degli immobili l'effetto negativo dovuto all'esposizione eccessiva al rumore, tralasciando però tutte le implicazioni relative alla salute umana, in quanto su tale tema non è ancora chiaro il quadro all'interno della scienza medica.

La metodologia proposta è particolarmente indicata negli studi d'impatto relativi al traffico stradale, anche se ne è sconsigliato l'utilizzo per livelli sonori inferiori ai 55 dB(A) (secondo lo studio europeo *ExternE*).

Ai fini di una quantificazione monetaria di questa esternalità si potrebbe procedere in due fasi: la prima volta a quantificare, in termini di incremento/decremento nel confronto tra la situazione "con" la nuova infrastruttura rispetto ad uno scenario "senza", le *variazioni* di rumore (presumibilmente delle riduzioni) conseguenti all'entrata in funzione della nuova metropolitana; la seconda fase potrebbe essere

orientata alla stima della riduzione del rumore, magari agganciando questo parametro alle “caratteristiche” ideali di un bene strettamente collegato alla qualità della vita, a sua volta legato anche al rumore che si sopporta (tipicamente i beni immobiliari).

Nel dettaglio, la prima ipotesi si basa sul fatto si verificherà per l'appunto uno *shift* modale dal trasporto privato a quello pubblico, per cui si avrà una certa riduzione del numero di vetture in circolazione sulla rete stradale. Si può ipotizzare anche che il rumore da traffico sia proporzionale al numero di veicoli in movimento, e di conseguenza una riduzione del numero di questi veicoli causerà inevitabilmente una diminuzione del rumore; per ogni arco stradale si possono calcolare i livelli di dB(A) nelle due situazioni “con il progetto” e “senza il progetto”.

Nell'affrontare i problemi inerenti al rumore veicolare è necessario valutare l'intensità dello stesso basandosi su tentativi di stima^{xvii}. E' noto che il rumore ha un andamento oscillatorio nel corso della giornata, per cui è necessario disporre di un valore “medio” (approssimato) del rumore, rappresentativo di tutta la giornata e il “*Livello acustico continuo equivalente*” (L_{eq}), definito come il livello continuo che ha il medesimo contenuto di energia (e quindi il medesimo potenziale nocivo per l'udito del livello acustico variabile) è l'indicatore appropriato. Esistono molte tecniche e strumenti per valutare questa tipologia di inquinamento. Nel campo dell'acustica ambientale, e più specificatamente riguardo alla modellizzazione del traffico stradale, si utilizzano solitamente modelli basati su relazioni matematiche semi-empiriche^{xviii}.

Il modello adottato nel Regno Unito per la valutazione del rumore da traffico stradale è basato sulle procedure fornite dal documento “*The Calculation of Road Traffic Noise (CRTN)*”, messo a punto dal Ministero dei Trasporti britannico nel 1988.

In questo studio si propone di adottare una variante del modello CRTN proposto dal Ministero dei trasporti inglese. Il metodo fornisce un'affidabile espressione di calcolo per la stima del livello di rumore, che prende in considerazione una serie di parametri relativi all'intensità di traffico (come i flussi di traffico e la velocità) ed alle caratteristiche geometrico-ambientali del sito (come il tipo di fondo stradale, la distanza dalla sorgente sonora, la percentuale di mezzi pesanti, la pendenza della strada, la presenza di barriere antirumore ed effetti di riflessione di vario tipo).

Il rumore da traffico stradale previsto o misurato è espresso tramite gli indici L10 (1hour) o L10 (18hour) dB(A), cioè rispettivamente in termini di livelli acustici per l'ora di punta), oppure in termini della media aritmetica dei valori degli L10 (1hour) nelle singole 18 ore tra le 06:00 e le 24:00. La sorgente del rumore da traffico (*the source line*) viene presa come una linea posta 0,5 metri sopra il livello della strada, e a 3,5 metri dal bordo esterno della carreggiata. Come noto, in molti casi i suoni ed i rumori che noi sentiamo non sono costanti: a meno della variazione della tonalità, il livello di pressione sonora (L_p o SPL , *Sound Pressure Level*) di un suono o di un rumore varia con il tempo.

La metodologia utilizzata per la valutazione del rumore da traffico si basa su quattro punti fondamentali:

- divisione della strada in uno o più segmenti, in modo tale che la variazione del rumore all'interno del segmento sia piccola;
- calcolo del livello di base ad una distanza (d) di riferimento di 10 metri dal bordo della strada per ogni segmento;
- correzione del livello di rumore così determinato, al fine di tenere conto dell'attenuazione dovuta alla distanza, delle caratteristiche della strada stessa e dell'ambiente attorno ad essa;
- unione dei contributi di tutti i segmenti, allo scopo di quantificare il livello acustico previsto nel punto di ricezione per l'intero schema della strada.

E' probabile che i livelli acustici varino significativamente lungo una strada, per cui è necessario che la strada stessa debba essere suddivisa in un certo numero di segmenti separati (primo punto), in modo che all'interno di ognuno di essi la variazione del livello acustico sia meno di due dB(A).

Una volta stimate le riduzioni in termini di decibel per ogni singola zona interessata è possibile calcolare il beneficio netto complessivo dovuto ad una riduzione del rumore, dato dal prodotto tra il differenziale del livello medio di pressione sonora nello scenario "senza" e nello scenario "con" il progetto, il numero di metri quadrati di abitazioni nel territorio considerato, il prezzo/canone di locazione medio delle abitazioni dell'area esaminata ed un fattore di deprezzamento delle abitazioni a causa del rumore (definito

“prezzo edenico”), i cui valori possono essere ricavati dai numerosi studi esistenti in letteratura^{xix}.

La somma dei valori di tutti i territori costituisce il beneficio economico per la collettività derivante dalla riduzione dell'inquinamento acustico nell'arco di tempo prescelto, che poi può essere riportato su base annuale mediante un fattore moltiplicativo.

23 Indicatori complementari per l'analisi costi benefici

Gli indicatori tradizionalmente impiegati nell'Analisi Costi Benefici (VAN, Rapporto Benefici/Costi e TIR) sintetizzano brevemente la convenienza economica del progetto, ma proprio per questo non consentono di vedere aspetti interessanti, che però è possibile enfatizzare mediante indicatori costruiti “*ad hoc*”.

A questo fine si propongono:

- *Rapporto attualizzato esternalità positive/esternalità negative*. Questo indicatore consente di vedere, in termini quantitativi, l'ammontare di euro che andranno a beneficio della collettività a fronte della perdita causata dagli svantaggi derivanti dal progetto;
- *Valore Attuale Netto – escluse le esternalità indirette*. Questa versione del VAN esclude dal calcolo dell'indicatore le esternalità indirette, vale a dire tutti i benefici definiti nel corso del lavoro e riferiti ai vantaggi non direttamente legati al benessere degli utenti della rete di trasporto pubblico e privato;
- *Tasso Interno di Rendimento – escluse le esternalità indirette*. Anche nel caso del TIR si può calcolare questa versione dell'indicatore al netto delle esternalità indirette. Facendo la differenza tra il TIR base e questo TIR “modificato” si ha l'incidenza sull'investimento delle esternalità non legate in maniera diretta al progetto;
- *Rapporto attualizzato B/C – escluse le esternalità indirette*. Questo rapporto è calcolato escludendo sia le esternalità indirette positive che negative per vedere per ogni euro di costo quale sia l'ammontare di beneficio, con l'esclusione delle esternalità non dipendenti direttamente dalla realizzazione dell'infrastruttura.

24 Conclusioni

I temi trattati in questa breve rassegna consentono di evidenziare le difficoltà cui si va incontro nella pratica dell'ACB nei casi in cui si devono valutare effetti che non hanno valori di mercato, che costituiscono tra l'altro le principali voci di beneficio e di costo di una qualsivoglia Analisi Economica.

Come visto la standardizzazione delle procedure di valutazione rischia di rendere sterile il contributo che l'economista, o il tecnico valutatore in generale, può dare allo studio degli effetti che un progetto può generare su una data collettività, trascurando gli aspetti salienti in favore di quelli più facilmente valutabili.

Le tecniche e le metodologie di stima brevemente illustrate non hanno la pretesa di essere esaustive (solo alcune voci di costo e di beneficio sono state considerate) né universalmente valide (non potrebbero esserlo, dato che ogni progetto è diverso dagli altri); l'obiettivo del lavoro è solamente quello di ravvivare l'interesse per la materia, favorendo il riavvicinamento della teoria economica con la pratica della valutazione dei progetti di investimento.

Le moderne tecniche di analisi vengono in supporto dell'economista per la valutazione dei progetti e gli consentono di valutare effetti un tempo non quantificabili.

L'ACB, secondo questo schema, diventa sempre più un fertile terreno nel quale coltivare nuovi strumenti di valutazione e sperimentare innovative tecniche, senza però perdere di vista i "fondamentali" che caratterizzano l'essenza stessa dell'analisi.

25 Riferimenti bibliografici

- AA.VV. (1988) “*Calculation of Road Traffic Noise*”, UK Department of Transport
- AA.VV. (2001) “Studio di Fattibilità per la realizzazione della variante ferroviaria Pedemontana Iblea”, Steer Davies Gleave Ltd.
- AA.VV. (2002) “The State-of-the-Art on Economic Valuation of Noise – Final report to European Commission DG Environment”
- AA.VV. (2004) “*Design Manual for road and bridges*”, The Highways Agency – The Scottish Office Development Department
- Abbott, P.G. – Nelson, P.M. (2002) “Converting the UK traffic noise index $L_{A10,18h}$ to EU noise indices for noise mapping”, TRL Limited
- Albisetti, R. (2000) “Finanza strutturata - Tecniche e strumenti per la valutazione degli investimenti nel Project Financing”
- Alvaro, G. (1999) “Contabilità Nazionale e Statistica Economica”, Cacucci Editore, Bari
- ANAS, (2000), “Autostrada Salerno-Reggio Calabria, Lavori di ammodernamento ed adeguamento – Studio d’impatto ambientale”
- ANPA, (2002) “Il danno ambientale ex art. 18 L. 349/86 - Aspetti teorici e operativi della valutazione economica del risarcimento dei danni”
- Bateman, I.J. et al (2000) “Review of Road Traffic and Air traffic noise valuation studies”
- Boeri, T. – Cohen, R. (1999) “Analisi dei Progetti di Investimento - Teoria ed applicazioni per il Project Financing”, Egea, Milano
- Bonifica, CSST, Ernst & Young, Fenit Servizi S.p.A. (2002) “Studio di fattibilità della direttrice Est-Ovest della Basilicata (Murgia-Pollino)”
- Brambilla, M. (2003) “Analisi Costi-Benefici del progetto del Ponte sullo Stretto di Messina”, Politecnico di Milano
- Cascetta, E. (1998) “Teoria e metodi dell’Ingegneria dei Trasporti”, Utet, Torino
- Centro Studi Confetra (1997) “L’internalizzazione dei costi esterni dei trasporti”
- Ciani R. (2006) “Analisi Costi e Benefici di un progetto di mobilità urbana, con particolare riguardo alla stima del valore del tempo”, Tesi di Laurea

CLES S.r.l. (2001) “Ricostruzione e quantificazione economica dei danni provocati da attività industriali negli stabilimenti del Petrolchimico di Porto Marghera”

Commissione delle Comunità Europee (2001) “Libro Bianco - La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte”

Commissione Europea (2003) “Raccomandazione della Commissione del 6 Agosto 2003 concernente le “linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell’attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità””, (2003/613/CE), in Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea (adeguamento dell’Allegato II della direttiva 2002/49/CE)

Comune di Roma, VII Dipartimento (1999) “*Intervento di Project Financing sulla linea Metropolitana C*”, Fratelli Palombi Editori, Roma

Comunità Europea (1997) “Guida all'Analisi Costi-Benefici dei Grandi Progetti nel contesto delle politiche regionali della CE”

Consiglio Nazionale delle Ricerche (1989) “*Progetto finalizzato sui trasporti "due"*”

Danielis, R. (2001) “La teoria economica e la stima dei costi esterni dei trasporti”, Università di Trieste

Dasgupta, P., Pearce, D.W. (1972) “Cost-Benefit Analysis: theory and practice”, London, Macmillian

Dasgupta P., Marglin, S.A, Sen , A.K. (1972), “*Guida per la valutazione dei progetti*” UNIDO

De Luca, M. (2000) “*Manuale di pianificazione dei trasporti*”, FrancoAngeli, Milano

EEA European Environment Agency (1997) “ COPERT II, Methodology and Emission Factors”

EMEP (1996) “CORINAIR – Atmospheric Emission Inventory Guidebook”

ENEA – ISIS (2003) “Metodologia per il calcolo dei costi esterni dovuti al trasporto urbano”, Roma

ENEA (2003) “Valutazione del vantaggio in termini di minori costi ambientali e sociali, di un forte sviluppo del trasporto collettivo in ambito urbano”, a cura di Amici della Terra, Roma

EPA, US Environmental Protection Agency (2001) “Economic Valuation of Mortality Risk Reduction: Assessing the State of the Art for Policy Applications”

- Eurequip (Situs) (1992) “I sistemi di trasporto urbani e metropolitani”
- European Commission (2003) “External Costs. Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport”
- European Commission, DG XII (1998) “ExternE - Externalities of Energy. Methodology annexes”
- European Commission, DG XII ExternE Project (1998) “*Summary of Results for Air Pollutants*”,
<http://externe.jrc.es/All-EU+Summary.htm>
- European Commission (1999) “Guide to Cost-Benefit analysis on investments projects”
- Ferrovie dello Stato (1998) “I costi ambientali e sociali dei trasporti in Italia - Produzione, esercizio e smaltimento dei veicoli”
- Ferrovie dello Stato (2002) “I costi sociali ambientali e sociali della mobilità in Italia - Quarto rapporto”, a cura di Amici della Terra, Roma
- Florio, M. (2001) “La valutazione degli investimenti pubblici. I progetti di sviluppo nell'Unione Europea e nell'esperienza internazionale - Volume I. Principi e metodi di analisi”, FrancoAngeli, Milano
- Florio, M. (2001). “La valutazione degli investimenti pubblici. I progetti di sviluppo nell'Unione Europea e nell'esperienza internazionale - Volume II. Settori di applicazione e studio di casi”, FrancoAngeli, Milano
- Gazzetta Ufficiale, supplemento ordinario, serie generale n.294 del 19 dicembre 2003, “*Costo chilometrico per tipologia di veicolo*”
- Guarini, R. - Tassinari, F. (2000) “*Statistica Economica*”, il Mulino, Bologna
- Harberger, A. (1984) “*Basic Needs versus distributional weights, in social cost benefit analysis*”, in *Economic development and cultural change*, aprile
- Hawkins, R. (1999) “*Review of Studies on External Costs of Noise*”, Environment Protection Economics Division DETR, UK
- Hellekalek, P. – Department of Mathematics of the University of Salzburg, “*Random numbers and Monte Carlo methods*”, <http://random.mat.sbg.ac.at/links/monte.html>
- Imperatori, G. (1999) “Il Project Financing - Una tecnica, una cultura, una politica”, Edizioni Il Sole 24 Ore, Milano

Imperatori, G. (1995) “Il project financing: una tecnica, una cultura, una politica,” Il sole 24 ore

ISTAT (2003) “Indagine sulle forze di lavoro: Sintesi Annuale”

ISTAT (2003) “Statistica degli incidenti stradali”

Levarlet, F. - Valenza, A. (2002) “L'Analisi Costi-Benefici dei progetti di intervento pubblico”

Little, I.M.D. e Mirrlees, J. (1974), “Project appraisal and planning for developing countries”, Heinemann, Londra

Lombard, P. L. - Molocchi, A. (1998) “*I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia*”, Ferrovie dello Stato e Amici della Terra, FrancoAngeli, Milano

Lombard, P.L. - Molocchi, A. (2000) “Produzione, esercizio e smaltimento dei mezzi di trasporto: i costi ambientali e sociali”, FrancoAngeli, Milano

Ministero del Bilancio e della programmazione Economica (1976) “Manuale di valutazione dei progetti per la Pubblica Amministrazione Italiana”

Ministero dell'Economia e delle Finanze (2003) “*Relazione generale sulla situazione economica del paese*”, Volumi I, II e III

Ministero dell'Economia e delle Finanze. Dipartimento per le Politiche di Sviluppo e di Coesione (DPS). Unità di Valutazione degli Investimenti Pubblici (UVAL) (2002) “*Studi di fattibilità ex delibera CIPE 70/1998 - Relazione Riepilogativa*”

Ministero dell'Economia e delle Finanze. Dipartimento per le Politiche di Sviluppo e di Coesione (DPS). Unità di Valutazione degli Investimenti Pubblici (UVAL) (2002) “*Il ricorso alla finanza privata nella realizzazione e gestione degli investimenti pubblici*”

Ministero dell'Economia e delle Finanze. Dipartimento per le Politiche di Sviluppo e di Coesione (DPS). Unità di Valutazione degli Investimenti Pubblici (UVAL) (2002) “*L'analisi finanziaria dei progetti di intervento pubblico*”

Ministero dell'Economia e delle Finanze. Dipartimento per le Politiche di Sviluppo e di Coesione (DPS). Unità di Valutazione degli Investimenti Pubblici (UVAL) (2002) “*L'analisi della domanda negli studi di fattibilità*”

Ministero dell'Economia e delle Finanze. Dipartimento per le Politiche di Sviluppo e di Coesione (DPS). Unità di Valutazione degli Investimenti Pubblici (UVAL) (2002) “*Gli studi di fattibilità degli investimenti pubblici: finalità e requisiti*”

- Momigliano S. - Giovanetti Nuti, F. (2001) “La valutazione dei costi e dei benefici nell'analisi dell'impatto della regolazione. Analisi e strumenti per l'innovazione”, Rubbettino Editore, Catanzaro
- Moriconi, F. (1995) “Matematica finanziaria”
- Navrud, S (2004) “*Critical Issues in Valuation of Social Costs of Road Traffic Pollution*”, Agricultural University of Norway, Department of Economics & Social Sciences
- NET Engineering S.p.A. (2000) “Piano provinciale della viabilità nella provincia di Padova”
- Nomisma, Ingegneria dei Trasporti, SETIN S.r.L. (2002) “Sistema integrato dei trasporti sulla direttrice Sud-Nord (Collegamento trasversale tra l'asse Tirrenico e Adriatico)”
- NPL National Physical Laboratory, “*Technical Guides on Calculation of Road Traffic Noise*”,
<http://www.npl.co.uk/acoustics/techguides/crtn/>
- Nuclei regionali di Valutazione e Verifica degli investimenti pubblici (NUVV) (2001) “Studi di fattibilità delle opere pubbliche. Guida per la certificazione da parte dei Nuclei regionali di valutazione e verifica degli investimenti pubblici (NUVV)”
- Nuti, F. (2001) “La valutazione economica delle decisioni pubbliche. Dall'analisi costi-benefici alle valutazioni contingenti”, Giappichelli Editore, Torino
- OCSE (1999) “Il settore dei trasporti” in “Studi economici dell'OCSE”
- Parlamento Europeo e del Consiglio, Direttiva 2002/49/CE del 25 Giugno 2002 relativa alla “*determinazione e gestione del rumore ambientale*” DPR 30 Marzo 2004, n.142 in Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 30/03/2004
- Parmentola, N. (1991) “Programmazione e valutazione dei progetti pubblici”
- Pasinetti, L. (1962) “Rate of profit and income distribution in relation to the rate of economic growth” in “Review of Economic Studies”, October, pp. 217-79
- Pasinetti, L. (1974a), “*From classical to Keynesian economic dynamics*”, in Pasinetti (1974b), pp.97-9
- Pasinetti, L. (1974b), “*Growth and income distribution: essays in economic theory*”, Cambridge University Press, Cambridge

Pigou, A.C. (1920) *“The economics of welfare”*, MacMillan, London

Provincia di Bologna, Osservatorio Provinciale dell’Incidentalità Stradale (2003) “Gli incidenti stradali in Provincia di Bologna. Primi dati provvisori relativi al 2002”

Provincia di Caserta (2001) “Trasformazione dell'attuale tratta ferroviaria tra Capua e Maddaloni in linea metropolitana”

Senn, L. – Ravasio, M. (2001) “Investire in infrastrutture. La convenienza economica dei progetti di trasporto”, CERTeT Bocconi, Egea, Milano

Square, L., Van der Tak, H., (1975), “Economic analysis of projects”, Baltimore, The Johns Hopkins University Press

Square One Environmental Design Website and the Welsh School of Architectureat, Cardiff University, *“Noise and Noise Control”*,
<http://www.squ1.com/index.php?http://www.squ1.com/noise/traffic.htm>

Atac S.p.A. (1999) “Studio di Prefattibilità della linea metropolitana B1 di Roma”, Roma

Atac S.p.A. (2005) “Schema di assetto preliminare della Centralità Urbana di Acilia - Analisi di fattibilità delle reti infrastrutturali di trasporto” Roma

Atac S.p.A. (2000) “Metodologia per la stima delle emissioni inquinanti da traffico veicolare”, Roma

Atac S.p.A. (2001) “Linea Tranviaria TERMINI-VATICANO-AURELIO (TVA). Relazione Generale”, Roma

Atac S.p.A. (2003) “Il mercato immobiliare. L’andamento dei prezzi in relazione alla presenza od alla prossima realizzazione di una linea metropolitana”, Roma

Atac S.p.A. (2004) “Rapporto sull’incidentalità stradale a Roma – Dati provvisori 2003”, Roma

Atac S.p.A. (2004) “Relazione Annuale della qualità dell’aria del Comune di Roma – Anno 2003 – Valutazione delle emissioni inquinanti prodotte dal traffico veicolare e dei provvedimenti adottati dall’Amministrazione Comunale – Rapporto Tecnico”, Roma

Wabash College, Chicago, (2004) *“Econometrics via Monte Carlo Simulation with Microsoft Excel”*, <http://www.wabash.edu/econometrics/home.htm>

i Il rischio sistematico può essere definito come il rischio legato alla normale oscillazione degli andamenti di mercato nel quale si sta investendo, nel caso specifico, trattandosi di un progetto di investimento in un'infrastruttura, il rischio sistematico può essere assimilato al rischio che le condizioni economiche generali non siano favorevoli alla redditività del progetto (crisi politiche nazionali/internazionali, improvvisi aumenti dei costi delle materie prime ecc.). Per definizione tale rischio non è eliminabile.

ii Il rischio specifico è quella tipologia di rischio che si corre quando il risultato è legato alle caratteristiche specifiche dell'investimento. In finanza concentrando gli investimenti in singoli titoli ci si espone ad un tipo di rischio che non è controllabile e il rischio diventa incertezza e l'incertezza è diversa dal rischio in quanto il rischio è qualcosa di calcolabile (e quindi controllabile), mentre l'incertezza non lo è. La diversificazione del portafoglio titoli consentirebbe di eliminare il rischio specifico. Nel caso di un progetto di investimento il rischio specifico è legato alle caratteristiche del bene/servizio che si venderà sul mercato, quindi dipende dalle caratteristiche della domanda e dalla presenza di beni/servizi sostituiti/complementari a quello oggetto di commercializzazione.

iii Questo valore è elevato rispetto al contesto economico che caratterizza in questi anni lo scenario nazionale ed anche internazionale, ma la scelta di adottare un tasso più elevato è stata adottata per rispondere a criteri prudenziali circa la valutazione della bontà economica di un investimento che dovrebbe vedere coinvolti anche soggetti privati nella forma del *project financing*. In altri termini un investitore privato non investirebbe le sue disponibilità in un progetto che non fosse almeno conveniente quanto un investimento alternativo a rischio zero ed un adeguato premio per il rischio e il tasso stimato dovrebbe includere entrambe le considerazioni.

iv Naturalmente affinché le stime dei parametri del modello possano essere correttamente utilizzate ai fini della costruzione del piano finanziario è necessario che il modello specificato goda di alcune desiderabili proprietà statistiche, quali l'indipendenza dei termini di disturbo al tempo t rispetto a quelli di tutti gli istanti temporali precedenti (ipotesi di assenza di correlazione seriale dei disturbi aleatori) e che la varianza dei termini di errore sia costante per ogni osservazione (ipotesi di omoschedasticità).

v E' tuttavia noto anche che la tecnica del CAPM è stata duramente criticata negli anni passati per via di alcune sue debolezze teoriche di fondo, ma è anche vero che rimane una delle metodologie di valutazione del premio al rischio più utilizzate, con tutti i limiti che la caratterizzano.

vi A rigore l'Analisi Costi Benefici andrebbe condotta a valori costanti oppure prendendo a riferimento un solo tasso di sconto, per cui anche il costo del personale dovrebbe essere soggetto ad una crescita come quella del tasso di sconto finanziario. Questa ipotesi non è realistica, trattando di due componenti del tutto separate, quindi per ricondurre il tutto ad uno schema univoco si potrebbe pensare di applicare dei correttivi al tasso di sconto finanziario per tenere conto di queste divergenze nei differenti tassi di crescita delle singole voci di costo (o anche di ricavo), ma questo complicherebbe l'analisi da un punto di vista computazionale.

In generale è possibile utilizzare tassi diversi tenendo conto però dell'errore che si commette, magari calcolando il VAN sia nel caso di un unico tasso sia con più tassi e memorizzando i diversi valori ottenuti, le cui differenze a coppie rappresentano gli errori di valutazione di cui sopra.

vii Questo fattore correttivo ha però il difetto di "slegare" il VAN e il TIR, in quanto come noto se il TIR è minore del tasso di sconto allora il VAN è negativo, e viceversa. Con l'accorgimento proposto, invece, si ha che il VAN può risultare maggiore di zero anche con un TIR inferiore al tasso di sconto adottato, per cui tale relazione non vale più e bisogna prestare attenzione alla lettura dei risultati.

viii Non sarebbe corretto infatti considerare l'intero PIL poiché da questa voce andrebbero tolte tutte le spese sostenute per acquisto di materie prime, semilavorati, i salari e gli stipendi ai dipendenti e tutte le altre voci, per ottenere una sorta di Margine Lordo di Gestione da cui deriva la quota relativa di profitto imprenditoriale.

ix Tale stima può essere espressa anche in funzione del tempo, per cui nei primi anni di cantiere il danno sarà verosimilmente più elevato e il suo valore andrà diminuendo con l'avvicinarsi della conclusione dei lavori.

x Naturalmente può anche verificarsi il caso in cui l'intersezione tra le due curve avvenga in corrispondenza di un differente livello di prezzo, ma questo non influisce sul ragionamento teorico qui condotto.

xi In questi casi il è fondamentale la scelta del metodo di stima impiegato per l'ottenimento dei parametri; in econometria è ben noto il problema dell'endogenità dei regressori, per cui anziché impiegare i Minimi Quadrati Ordinari sarebbe più opportuno ricorrere agli stimatori con le Variabili Strumentali, per cui i Minimi Quadrati a Due Stadi o a Tre Stadi. Questi metodi presuppongono la stima di un sistema di equazioni simultanee, una per la domanda e una per l'offerta, per cui si rendere necessario modellare anche una funzione di offerta, cosa non semplice in quanto richiede la conoscenza di un grande quantitativo di informazioni circa le strutture di costo tipiche dell'erogazione di un servizio di trasporto pubblico come nel caso specifico.

xii Per la stima economica della vita umana è quindi necessario disporre do altre informazioni, tra le più importanti quelle relative agli incidenti stradali.

xiii Per la valutazione del valore medio dei veicoli si possono utilizzare le fonti ufficiali a disposizione in modo da classificare il parco veicolare, calcolarne l'età media, stimare il valore del danno in base ad un'aliquota percentuale da applicare al valor medio residuo dei veicoli.

xiv Tali divergenze al solito sono rappresentate dai trasferimenti pubblici, i quali fanno divergere il salario netto percepito dall'utente (intendendo con questo una *proxy* della disponibilità a pagare per un'unità marginale di tempo libero) ed il costo del lavoro (che eguaglia il costo-opportunità del lavoro stesso).

xv In formule il calcolo può essere espresso nel modo seguente:

$$V_i = \frac{VAT}{O * h}$$

dove:

VAT Valore Aggiunto Totale a prezzi correnti;
O Occupati totali;
H numero medio di ore lavorative annue.

Partendo da questa formula, che esprime il valore di un'ora di lavoro in termini di contributo al VAT del singolo occupato, è possibile calcolare il valore del tempo in termini di costo-opportunità. Si deve poi calcolare la distribuzione percentuale degli occupati in dipendenti e non.

xvi I valori più usati di frequente sono:

24-48€ di disponibilità a pagare (*WTP*, *Willingness To Pay*) da parte di una famiglia per la diminuzione di 1dB(A) del livello di rumore;

0,08-2,30% di perdita di valore degli alloggi dovuta ad un aumento di 1 dB nel livello di rumore (*NDSI*, *Noise Depreciation Sensitivity Index*);

0,02-2,27%, intesa come perdita del Prodotto Interno Lordo (PIL) nazionale a causa del rumore.

Questi range così ampi sono la conseguenza di molteplici ragioni, non solo metodologiche; questi studi utilizzano spesso differenti presupposti circa il livello sonoro di riferimento (ad esempio, usando come livello base, di "fastidio zero", un valore tra 35 e 60 dB(A)), oppure utilizzano diversi intervalli di tempo per identificare il livello acustico medio.

xvii Il modo migliore per la determinazione dei livelli sonori generati dal traffico veicolare sarebbe quello di andare in loco e misurarlo fisicamente con gli opportuni strumenti. Tuttavia può risultare arduo persino ottenere le misure reali pertanto risulta necessario utilizzare un metodo che sia in grado di prevedere e di approssimare il rumore da traffico.

xviii I modelli matematici semi-empirici più diffusi sono:

Il modello C.E.T.U.R. che si basa sulle procedure messe a punto dal Centre d'Etudes Urbain del Ministero dei Trasporti francese. Tale modello si applica nelle strade con profilo ad U;

Il modello C.N.R. è un perfezionamento di una metodologia analoga già sperimentata in Germania ed adattata alla situazione italiana;

Il modello C.S.T.B. (istituto francese denominato *Centre Scientifique et Technique du Batiment*) utilizza delle curve teoriche per la valutazione del rumore incidente sulla facciata di edifici posti ai lati di strade ad U.

Il livello equivalente è universalmente adottato nelle normative nazionali ed internazionali, nonostante esso non si presti a misurare correttamente il disturbo generato da rumori occasionali o variabili nel periodo di misura.

xix L'espressione utilizzata per il calcolo è la seguente:

$$BER = \sum_{i=1}^n (L_{i, senza} - L_{i, con}) \cdot N_i \cdot P_i \cdot EP$$

con $i = 1, \dots, n$ che indica gli n territori interessati.

I termini dell'espressione indicano:

BER: Benefici Esterni da minor Rumore;

$L_{i, senza}$: livello medio di pressione sonora nello scenario Senza Progetto nel Municipio i -esimo;

$L_{i, con}$: livello medio di pressione sonora nello scenario Con Progetto del territorio i -esimo;

N_i : numero di mq di abitazioni nel territorio i -esimo interessato;

P_i : prezzo/ canone di locazione medio delle abitazioni (costo al mq) oppure valore della rendita catastale nel territorio i -esimo;

EP: deprezzamento delle abitazioni (prezzo edonico espresso come % di P_i).